

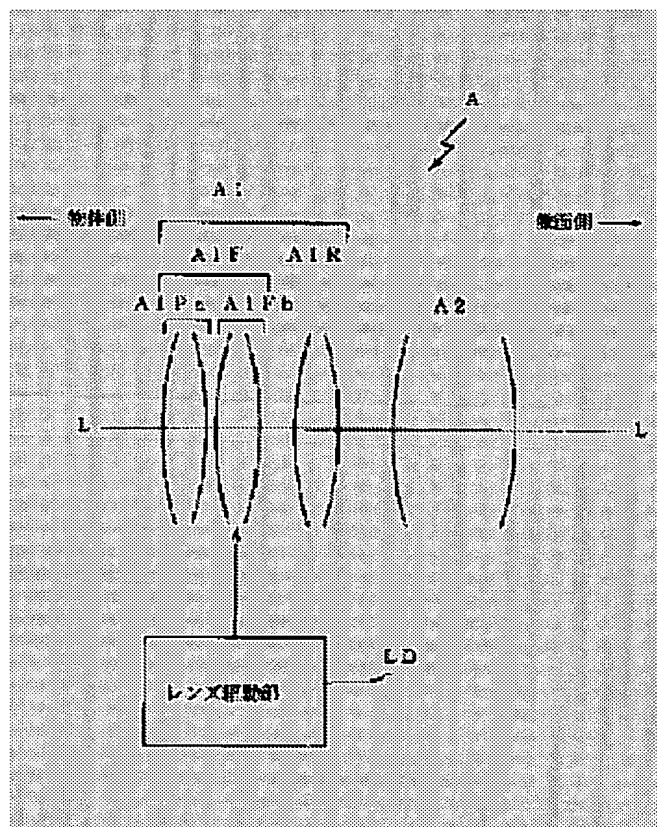
IMAGE BLUR CORRECTING VARIABLE POWER OPTICAL SYSTEM

Patent number: JP8029737
Publication date: 1996-02-02
Inventor: KIKUCHI SHUICHI; others: 03
Applicant: SONY CORP
Classification:
- international: G02B27/64; G02B13/18; G02B15/16
- european:
Application number: JP19940181923 19940712
Priority number(s):

Abstract of JP8029737

PURPOSE: To simplify lens position adjustment of a moving group in the case of no execution of an image blur correction by improving the optical performance at the time of correcting the image blur and the controllability relating to the moving group and dividedly designing an image blur correcting system and an imaging system.

CONSTITUTION: The first group A1 and the variable power group A2 in succession thereto are arranged in this order successively from an object side in the variable power optical system A. The first group A1 is composed of a front group A1F of an afocal system and a rear group A1R having a positive refracting power. The front group A1F is composed of the stationary group A1Fa and the moving group A1Fb movable backward orthogonally with the optical axis L-L. The image blur is corrected by moving the moving group A1Fb by a lens driving part LD according to the degree of the inclination of the variable power optical system A.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-29737

(43) 公開日 平成8年(1996)2月2日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 27/64

13/18

15/16

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願平6-181923

(22) 出願日 平成6年(1994)7月12日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 菊地 修一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 西田 泰夫

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 中枝 武弘

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小松 祐治

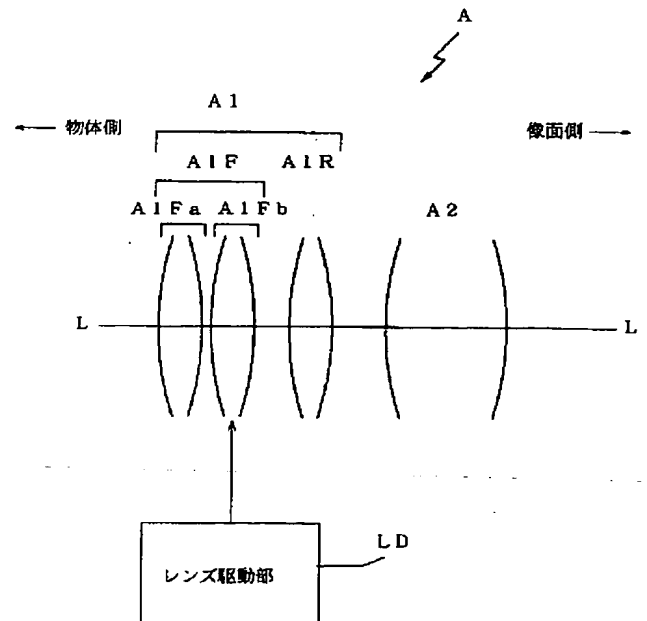
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 像ブレ補正変倍光学系

(57) 【要約】

【目的】 像ブレ補正時における光学性能や可動群に係る制御性の向上を図り、像ブレ補正系と結像系とを分けて設計することで、像ブレ補正を行わない場合の可動群のレンズ位置調整の簡単化を図る。

【構成】 変倍光学系Aにおいて、第1群A1と、該第1群に続く変倍群A2とを物体側からこの順序で配置する。第1群A1をアフォーカル系の前群A1Fと正の屈折力をもつ後群A1Rとによって構成する。そして、前群A1Fを、固定群A1Faと、光軸L-Lに対して直交する後方に移動可能な可動群A1Fbとから構成し、変倍光学系Aの傾きの程度に応じてレンズ駆動部LDによって可動群A1Fbを移動して像ブレを補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光軸方向に移動不能とされた第 1 群と、該第 1 群に続く変倍群とが物体側からこの順に配置されてなる像ブレ補正変倍光学系において、第 1 群がアフォーカル系の前群と正の屈折力をもつ後群とによって構成されるとともに、前群が固定群と可動群とからなり、変倍光学系の傾いた時に移動手段によって可動群が光軸に対して直交する方向に移動されることを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、前群の物体側の群の焦点距離を f_{1a} 、像側の群の焦点距離を f_{1b} 、全系の望遠端における焦点距離を f_t 、可動群の最大移動量を s_{1max} 、画面サイズの対角長の 2 分の 1 の長さを h_i としたとき、 $0.2 < |f_t \cdot s_{1max} / f_{1a} / h_i| < 2.0$

及び

$$0.8 < |f_{1a} / f_{1b}| < 1.25$$

の条件を満足することを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 3】 請求項 1 又は請求項 2 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、第 1 群の前群は物体側に固定群が配置され、像面側に可動群が配置された構成を有することを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 4】 請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、前群の固定群が正レンズで構成され、可動群が負レンズで構成されたことを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、前群の固定群と可動群との互いに対向する面の曲率半径をそれぞれ R_f 、 R_m としたとき、 $0.5 < R_f / R_m < 1.5$ かつ $R_f > 0$ の条件を満足することを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、固定群の正レンズが両凸レンズとされ、可動群の負レンズが両凹レンズとされていることを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、固定群及び可動群の各面のうち少なくとも 1 面が非球面形状とされ、該非球面の光軸方向の座標を X_a とし、光軸からの距離を y とするとき、以下の条件を満足することを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

$$|X_a| - |X_s| < 0$$

但し、

$$X_a = c \cdot y^2 / (1 + \sqrt{1 - c^2 \cdot y^2}) + \sum (A_{2i} \cdot y^{2i})$$

$$X_s = c \cdot y^2 / (1 + \sqrt{1 - c^2 \cdot y^2})$$

ここで、 c は近軸曲率、 A_{2i} ($2i$ は偶数) は第 $2i$ 次の非球面係数であり、「 \sum 」は i についての和を示

(2)

す。

【請求項 8】 請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、前群の固定群が負レンズで構成され、可動群が正レンズで構成されたことを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、前群の固定群と可動群との互いに対向する面の曲率半径をそれぞれ R_f 、 R_m としたとき、 $0.5 < R_f / R_m < 1.5$ かつ $R_f < 0$

10 の条件を満足することを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、固定群の負レンズが両凹レンズとされ、可動群の正レンズが両凸レンズとされていることを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、固定群及び可動群の各面のうち少なくとも 1 面が非球面形状とされ、該非球面の光軸方向の座標を X_a とし、光軸からの距離を y とするとき、以下の条件を満足することを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

$$|X_a| - |X_s| < 0$$

但し、

$$X_a = c \cdot y^2 / (1 + \sqrt{1 - c^2 \cdot y^2}) + \sum (A_{2i} \cdot y^{2i})$$

$$X_s = c \cdot y^2 / (1 + \sqrt{1 - c^2 \cdot y^2})$$

ここで、 c は近軸曲率、 A_{2i} ($2i$ は偶数) は第 $2i$ 次の非球面係数であり、「 \sum 」は i についての和を示す。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、結像系の前方にアフォーカル系を配置することによって両光学系のモジュール設計を可能にするとともに、アフォーカル系を構成する可動群を全系の光軸に対して直交する方向に移動させることによって像ブレ補正を行なうようにした像ブレ補正変倍光学系であって、像ブレ補正時における性能劣化の低減及び像ブレ補正を行わない状態での可動群のレンズ位置調整の容易化等を図ることができるようにした新規な像ブレ補正変倍光学系を提供しようとするものであり、例えば、携帯型のビデオカメラ等の光学系において好適な像ブレ補正を行なうことができるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】 携帯型のビデオカメラ等は、軽量であるがために撮影時に手振れが生じ易く、例えば、ズームアップで撮影した画像を再生したときに、像ブレが生じることになる。

【0003】 そこで、手振れ補正については各種の方式が提案されており、例えば、手振れセンサーによって装置本体の動きを検出するとともに、撮影系の一部を構成

するレンズ群を移動させて像ブレをなくすようにした装置が知られている。

【0004】変倍光学系の一部のレンズ群を移動させるものとしては、例えば、特開平 1-284823 号公報に示されており、この例では、変倍中固定の第 1 群、変倍群、固定群（合焦用レンズを含む）を物体側からこの順で配置するとともに、第 1 群中の一部のレンズ群を光軸に対して直交する方向に移動させることによって、変倍光学系の傾きに応じた像ブレを補正することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような変倍光学系にあつては、結像に関与する第 1 群中のレンズを光軸に対して直交する方向に移動させることによって像ブレ補正を行っているので、手振れ補正の性能劣化が大きという問題や、像ブレ補正を行わない状態において可動群を正規の位置に位置決めするに際して、結像に関与するレンズ系の位置調整を余儀なくされ、作業が煩わしいという問題がある。

【0006】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明は上記した課題を解決するために、光軸方向に移動不能とされた第 1 群と、該第 1 群に続く変倍群とが物体側からこの順に配置されてなる像ブレ補正変倍光学系において、第 1 群がアフォーカル系の前群と正の屈折力をもつ後群とによって構成されるとともに、前群が固定群と可動群とからなり、変倍光学系の傾いた時に移動手段によって可動群が光軸に対して直交する方向に移動されるようにしたものである。

【0007】

【作用】本発明によれば、第 1 群を構成するアフォーカルの前群を、固定群と、光軸に直交する方向に移動可能な可動群とから構成し、変倍光学系が傾いた時の像ブレを補正する方向に可動群を移動手段によって移動させており、結像系に関与するレンズを移動させず、結像系の前に配置されるアフォーカル前群中の可動群を移動させているので補正時の性能劣化が小さい。また、像ブレ補正系であるアフォーカルの前群とその後方に配置される結像系とを各別のモジュールとして取り扱うことができるので、可動群の位置調整によって主レンズを含む結像系の位置調整が影響を受けることはなく、調整作業が容易となる。

【0008】

【実施例】以下に、本発明像ブレ補正変倍光学系を図示した各実施例に従って説明する。図 1 は本発明像ブレ補正変倍光学系の基本構成を示すものであり、図中に「L-L」で示す軸は全系の光軸を示している。

【0009】光学系 A は、物体側から順に第 1 群 A1、変倍群 A2 が配置された変倍光学系の構成を有している。

(3)

【0010】第 1 群 A1 は、物体側から順にアフォーカル系の前群 A1F（以下、「アフォーカル部」という。）と正の屈折力をもつ後群 A1R とが配置されており、前群 A1F は更に固定群 A1Fa と可動群 A1Fb とから構成されている。そして、固定群 A1Fa の後方（又は前方）に配置される可動群 A1Fb がレンズ駆動部 LD によって光軸 L-L に対して直交する方向に移動されて位置制御が行われるようになっている。尚、図示は省略するが、光学系 A の傾きを検出して可動群 A1Fb の移動制御を行なう制御系としては、例えば、光学系 A の縦揺れや横揺れをセンサーで検出して、その出力信号をマイクロコンピュータ等の制御部によって処理した後レンズ駆動部 LD に制御信号を送出することによって像ブレの補正を行う構成を挙げることができる。

【0011】図 2 及び図 3 は近軸領域における光学系 A に関する原理図であり、これらの図では第 1 群のアフォーカル部 A1F のみを示している。

【0012】図 2 はアフォーカル部 A1F が正の屈折力をもつ固定群 IF と、負の屈折力をもつ可動群 IM とによって構成された例を示しており、固定群 IF が上記固定群 A1Fa に相当し、可動群 IM が上記可動群 A1Fb に相当する。

【0013】図中、点「FM」は可動群 IM の像側焦点を示し、点「FF'」は固定群 IF の像側焦点を示しており、また、光線「RY1」は固定群 IF の主点を通って可動群 IM の焦点 FM に向かう光線を示し、光線「RY2」はアフォーカル部 A1F を通った後光軸 L-L に一致するように進行する光線を示している。尚、「R-R」は可動群 IM の光軸を示している。

【0014】図示するように、光線 RY1 は正の固定群 IF の主点を通り、負の可動群 IM の焦点 FM に向かうようにして進行し、可動群 IM を通った後光軸 L-L に対して平行な光線となる。また、アフォーカル部 A1F に平行に入射した光線はアフォーカル部 A1F から全て平行に出射されるので、入射角が光線 RY1 の入射角に等しい光線は、全て光軸 L-L に平行な光線となる。従って、光軸 L-L に対して直交する方向への可動群 IM の移動量を「s1a」、画面中心に向かう光束のアフォーカル部 A1F への入射角を「 $\Delta\theta$ 」とし、アフォーカル部 A1F の物体側の群（ここでは固定群 IF）の焦点距離を「f1a」とすると、下式に示す関係が成立する。

【0015】

【数 1】

$$s1a = f1a \cdot \tan(\Delta\theta)$$

【0016】尚、図 3 に示すように、アフォーカル部 A1F が負の屈折力をもつ固定群 IF と正の屈折力をもつ可動群 IM とから構成されている場合にも、上記【数 1】式が成り立つことは図から明らかである。尚、図中の点「FM」は可動群 IM の物側焦点を示し、点

5

「F_{F'}」は固定群I_Fの物側焦点を示しており、また、光線「R_{Y1}」は可動群I_Mの焦点F_Mを通った後固定群I_Fの主点を通り最終的に光軸L-Lに平行に進行する光線を示し、光線「R_{Y2}」はアフォーカル部A1Fへの入射角が光線R_{Y1}との等くされ、アフォーカル部A1Fを通った後光軸L-Lに一致するように進行する光線を示している。

【0017】〔数1〕式から分かるように、全系の傾きを補正するのに必要な可動群I_Mの移動量s_{1a}は、アフォーカル部A1Fの物体側の群の焦点距離f_{1a}のみによって規定されることになる。

【0018】ところで、アフォーカル部A1Fの倍率（これを「M」とする。）は、物体側のレンズ群の焦点距離を「f_{1a}」とし、像側のレンズ群の焦点距離を「f_{1b}」とした時、下式のように表される。

【0019】

【数2】

$$M = -f_{1a}/f_{1b}$$

【0020】従って、先ず、手振れによる光学系Aの傾き $\Delta\theta$ と可動群I_Mの移動量s_{1a}との間の関係（〔数1〕式参照。）からf_{1a}を設定し、次にアフォーカル部A1Fの倍率Mからf_{1b}を設定することができるので、可動群I_Mの移動量s_{1a}の設定についての自由度が大きい。さらに、アフォーカル部A1Fだけを取り出して、オートコリメーション法を用いて固定群I_Fと可動群I_Mとの間の位置関係を精度良く設定することができるため、調整機構の簡単化や調整時間の短縮化を図ることができる。

【0021】以上のように、第1群をアフォーカル部A1Fと正の屈折力をもつ後群A1Rとで構成するとともに、アフォーカル部A1Fに像ブレ補正の機能をもたせることによって、像ブレ補正系と後群以降の結像系とをそれぞれ独立に設計することができるので、設計が容易となる。また、最も物体側に位置するアフォーカル部A1Fにおいて像ブレの補正を行なうため、光学系Aの傾きと可動群I_Mの移動量との関係が変倍の如何にかかわらず一定の関係（〔数1〕式参照。）となり、よって、可動群I_Mの位置を制御するための制御系の構成が簡単になる。

【0022】上記光学系Aにおいて、画面サイズに対する像ブレ補正が効果的となるための条件を求めると以下のようになる。

【0023】光学系Aの傾き $\Delta\theta$ と像のブレ量（これを「 ΔY 」とする。）との間の関係は、光学系Aの全系の焦点距離を「f」としたとき次式のようになる。

【0024】

【数3】

$$\Delta Y = f \cdot \tan(\Delta\theta)$$

【0025】変倍光学系では焦点距離fが変化するため、光学系Aの傾き $\Delta\theta$ が一定でもブレ量 ΔY が変化

(4)

6

し、望遠端において像ブレが最も目立つことが分かる。

【0026】〔数1〕式及び〔数3〕式から補正可能な像ブレ量（これを「 ΔY_{max} 」とする。）は、可動群I_Mの最大移動量を「s_{1amax}」とし、全系の望遠端における焦点距離を「f_t」としたとき、次式のようになる。

【0027】

【数4】

$$\Delta Y_{max} = s_{1amax} \cdot f_t / f_{1a}$$

【0028】画面サイズの対角長の2分の1の長さを「h_i」とし、このh_iで上式〔数4〕の両辺をそれぞれ割ると次式が得られる。

【0029】

【数5】

$$\Delta Y_{max}/h_i = s_{1amax} \cdot f_t / f_{1a}/h_i$$

【0030】この〔数5〕式は、画面サイズの対角長の2分の1の長さに対してどの程度の像ブレ補正が可能であるかを示す比であり、像ブレ補正の効果を得るためには、下式に示す条件を満たすことが望ましい。

【0031】

【数6】

$$0.2 < f_t \cdot s_{1amax} / f_{1a}/h_i < 2.0$$

【0032】上式において、比の値が下限値（0.2）を下回ると像ブレ補正の効果が小さくなり、像ブレ補正による性能低下の問題が残り、また、比の値が上限値（2.0）を越えるとアフォーカル部A1Fが広い画角をカバーする必要があるため、レンズの大型化やレンズ性能の低下を招く等の問題が生じる。

【0033】次に、アフォーカル部A1Fの倍率についての適正条件を説明する。

【0034】本発明に係る光学系は、結像部（つまり、アフォーカル部A1Fを除いた部分であって主レンズ系を構成する。）の前方にアフォーカル部A1Fが付加された構成となっているため、全系の焦点距離fは、アフォーカル部A1Fの倍率Mと結像部の焦点距離（これを「f_m」とする。）とを用いて下式のように表すことができる。

【0035】

【数7】

$$f = M \cdot f_m$$

【0036】〔数7〕式によれば、全系の焦点距離fを一定と考えた場合に、アフォーカル部A1Fの倍率Mが大きい場合に、結像部の焦点距離f_mを小さくし、これとは逆に、倍率Mが小さい場合に、焦点距離f_mを大きくする必要がある。

【0037】そこで、本発明では倍率Mを下式のように1に近い値設定する。

【0038】

【数8】

$$0.8 < |f1a/f1b| < 1.25$$

【0039】上式において、比の値が下限値（0.8）を下回るとアフォーカル部A1Fの倍率Mが小さくなり過ぎるので、結像部の焦点距離fmを大きくする必要が生じ、結像部の大型化を招くことになり、また、比の値が上限値（1.25）を越えるとアフォーカル部A1Fの倍率Mが大きくなり過ぎるので、結像部の焦点距離fmを小さくする必要が生じ、結像部の画角が広がって収差の補正が困難となる。

【0040】光学系Aにおいては、アフォーカル部A1Fは最も物体側に配置されるため、アフォーカル部A1Fを構成する物体側のレンズ群を固定群とし、像面側のレンズ群を可動群をすることが望ましい。即ち、像面側に可動群を配置した方が、可動群の移動範囲を鏡筒内に納め易いので、精密な制御を要する可動群に無理な外力が加わらないという利点がある。また、可動群はその移動制御を容易にするためにできるだけ軽い材料（プラスチック等）を用いて形成することが好ましいが、レンズが傷つきやすくなることを考慮すると外部から直接触れることのない像面側に可動群を配置する方が良い。

【0041】アフォーカル部A1Fにおいて、固定群A1Faを正レンズとし、可動群A1Fbを負レンズとすることにより、倍率Mは下式のように1を越える。

【0042】

【数9】

$$M > 1$$

【0043】これによって、結像部の焦点距離fmを小さくすることができ、光学系の光軸方向における全長を短くすることで小型化を図ることができる。また、最も物体側に位置するレンズを正レンズとすることによって広角端で発生し易い樽型の歪曲収差を低減することができる。

【0044】アフォーカル条件は、固定群A1Faと可動群A1Fbとの間の主点間隔を「D1a」として下式のようになる。

【0045】

【数10】

$$f1a + f1b - D1a = 0$$

【0046】この【数10】式の条件と【数8】式の条件とを両立させるためには、主点間隔D1aをなるべく小さくする、即ち、正レンズの凸面と負レンズの凹面とを向き合わせることが必要となる。

【0047】さらに、像ブレ補正系では、像ブレがない状態での結像性能を良好に保つことが重要であり、本発明では、固定群と可動群の互いに相対する面の曲率半径をそれぞれ「Rf」、「Rm」としたとき、以下の条件を課している。

【0048】

【数11】

$$0.5 < Rf/Rm < 1.5 \text{ かつ } Rf > 0$$

(5)

特開平8-29737

8

【0049】上式の範囲を逸脱すると、【数8】の条件式を満足するようにアフォーカル部A1Fを構成することができなくなり、かつ性能の劣化が大きくなる。

【0050】上述したように、本発明に係る像ブレ補正用のアフォーカル部A1Fは、光学系Aのうち最も物体側に配置されているので、レンズ径が大きくなる傾向を有している。よって、アフォーカル部A1Fの一部を構成する可動群A1Fbを光軸に対して直交する方向に沿って移動制御させるには、レンズの厚みを極力小さくするとともに構成枚数をできるだけ少なくした方が良い。また、レンズ径の小径化や光学ユニットの小型化を考慮すると、アフォーカル部A1Fを構成する各群の焦点距離をできる限り短くすることが必要となる。

【0051】このような制約の下で、像ブレ補正を行なう際の性能の劣化を極力小さくするためには、固定群A1Fa及び可動群A1Fbのそれぞれの収差をできるだけ小さく抑えることが重要となる。そのためには、固定群（ここでは正レンズ）を両凸レンズとし、可動群（ここでは負レンズ）を両凹レンズとして、各面でパワーを分担することが好ましい。

【0052】また、固定群や可動群を少ないレンズ枚数で構成して、それぞれの収差発生量を小さくするためには、固定群や可動群のそれぞれの少なくとも一面を回転対称非球面形状とすれば良い。つまり、光軸方向の座標を「Xa」とし、光軸からの距離を「y」とする円柱座標系を設定した場合に、非球面を下式のように規定すれば良い。

【0053】

【数12】

$$|Xa| - |Xs| < 0$$

但し、

$$Xa = \frac{c \cdot y^2}{1 + \sqrt{1 - c^2 \cdot y^2}} + \sum_{i=1}^n Ai \cdot y^{2i}$$

$$Xs = \frac{c \cdot y^2}{1 + \sqrt{1 - c^2 \cdot y^2}}$$

【0054】つまり、円錐係数を1とした2次曲面式の左辺に偶数次の補正項を付加した式によって光軸から離れるにつれて球面形状に比して曲率が小さくなる曲面が表される。

【0055】このような曲面をレンズ面として採用することによって、正レンズや負レンズのそれぞれで発生する収差を低減することができるので、像ブレ補正を行ったときの性能の劣化を抑えることができる。

【0056】以上の説明では、アフォーカル部A1Fの固定群A1Faを正レンズとし、可動群A1Fbを負レンズとしたが、これとは逆に固定群A1Faを負レンズとし、可動群A1Fbを正レンズとすることもできる。この場合には、アフォーカル部A1Fの倍率Mは下式のように1より小さくなる。

【0057】

【数13】

$$M < 1$$

【0058】よって、結像部の焦点距離 f_m を長い値に設定することができるので、結像部単独での画角が小さくなり、収差補正上有利である。

【0059】尚、この場合にも前述した【数10】式のアフォーカル条件と、倍率 M に関する【数8】式の条件式との両方を満足させるためには、固定群と可動群との間の主点間隔 $D1a$ を小さく保つ必要があり、そのため

には正レンズの凸面と負レンズの凹面とを向かい合せて配置させることが必要となる。

【0060】さらに、像ブレ補正系において、像ブレがない状態での結像性能を良好に保つためには、固定群と可動群の互いに相対する面の曲率半径をそれぞれ「 R_f 」、「 R_m 」としたとき、下式の条件を満たすことが望ましい。

【0061】

*【数14】

$$0.5 < R_f/R_m < 1.5 \text{ かつ } R_f < 0$$

【0062】また、像ブレ補正の際の性能の劣化を小さくするためには、固定群（この場合負レンズ）を両凹レンズとし、可動群（この場合正レンズ）を両凸レンズとし、各面でパワーを分担させることが好ましい。

【0063】そして、固定群や可動群を少ないレンズ枚数で構成して、それぞれの収差発生量を小さくするためには、固定群や可動群のそれぞれの少なくとも一面を上式【数12】に示すような回転対称非球面形状にすれば良い。

【0064】次に、本発明に係る実施例1乃至6について説明する。

【0065】上記で定義した諸量を各実施例について表形式にまとめたものが下表1である。

【0066】

【表1】

*

	f1a	f1b	slamax	hi
実施例1	-16.552	17.425	0.335	0.502
実施例2	-11.638	12.930	0.348	0.522
実施例3	-26.739	27.284	0.333	0.499
実施例4	16.459	-15.676	0.333	0.499
実施例5	10.227	-8.929	0.306	0.458
実施例6	27.158	-26.285	0.338	0.507

	ft·slamax /f1a/hi	f1a/f1b	Rf/Rm
実施例1	0.562	0.950	0.937
実施例2	0.799	0.900	0.815
実施例3	0.348	0.980	0.802
実施例4	0.566	1.050	0.960
実施例5	0.910	1.145	1.148
実施例6	0.343	1.033	0.972

【0067】実施例1乃至3では固定群A1Faが負レンズ、可動群A1Fbが正レンズとされ、また、実施例4乃至6では固定群が正レンズ、可動群が負レンズとされている。

【0068】表1をみると、各実施例が【数6】式、【数8】式、【数11】又は【数14】式の条件を満たしていることは明らかである。

【0069】尚、以下で用いる記号の定義を下表2にまとめて示す。

【0070】

【表2】

記号	意 味
r_i	面の曲率半径
d_i	面間隔
N	d 線での屈折率
ν	アッペ数
f	全系の焦点距離
FNO	全系の F ナンバー
ω	半画角

【0071】図4乃至図13は実施例1を示すものである。

【0072】図4に示すように、光学系1Aは5つのレンズ群から構成されており、第1群G1を構成する最も物体側のアフォーカル部A1Fは負レンズの後方に可動の正レンズが配置された構成されている。そして、第1群G1を構成する後群A1Rが3枚のレンズによって構成され、第2群G2が3枚、第3群G3が1枚、第4群G4が2枚、第5群G5が3枚のレンズによってそれぞれ構成されている。

10

【0073】レンズの各面に面番号（これを「i」とする。）を付すにあたって、物体側から像面側に行くにつれて1ずつ増加するものとし、各面の曲率半径 r_i （ $i=1、2、3、・・・$ ）やレンズ間隔 d_i （ $i=1、2、3、・・・$ ）についても、その添え字iが物体側から像面側に行くにつれて1ずつ増加するものと定義して、光学系A1の構成を数値表で示したものが下表である。

【0074】

20

【表3】

i	r i	d i	N	ν
1	-19.5857	0.4461	1.49200	58.00
2	14.0448	0.3310		
3	14.9903	1.3949	1.49200	58.00
4	-19.4059	0.2231		
5	10.4735	0.2454	1.84666	23.78
6	6.0939	0.8654	1.62041	60.34
7	-141.1298	0.0446		
8	5.2981	0.5524	1.62041	60.34
9	11.2874	variable		
10	8.4710	0.1561	1.83400	37.35
11	1.3982	0.9536		
12	-4.6665	0.1976	1.60342	38.01
13	1.8223	0.4623	1.92286	20.88
14	8.3807	variable		
15	STOP	0.1561		
16	4.0685	0.4709	1.58913	61.25
17	-15.7475	variable		
18	2.7786	0.1561	1.84666	23.78
19	1.4967	1.0950	1.58913	61.25
20	-5.3164	variable		
21	INFINITY	0.3569	1.51680	64.20
22	INFINITY	0.4573	1.55232	63.42
23	INFINITY	0.1785		
24	INFINITY	0.1679	1.55671	58.56
25	INFINITY			

【0075】尚、本例において、 $f=1\sim 14$ 、FNO (Fナンバー) = 1 : 1.65 ~ 2.64、 $2 \cdot \omega = 5.7 \sim 4.1$ とされている。

【0076】表3中、「INFINITY」は曲率半径が無限大、つまり平坦面であることを示し、r15に示す「STOP」は、絞りを意味している。また、屈折率 N における空欄では空気についての屈折率を省略している。

【0077】そして、「variable」はレンズが光軸方向に移動する可動レンズであることを示している。本例では、レンズ間隔 d9、d14、d17、d20 が可変長であり、焦点距離 f との関係を下表に示す。

【0078】

【表4】

d \ f	1.0000	2.6110	13.9543
d 9	0.3792	3.1512	5.9233
d 14	5.8675	3.0955	0.3234
d 17	2.1235	1.5684	2.5161
d 20	1.4566	2.0130	1.0650

【0079】また、面番号 $i=2, 4, 17, 20$ のレンズ面が非球面形状とされており、それらの非球面係数を表形式で示すと以下のようになる。

【0080】

【表5】

i	A ₄	A ₆	A ₈
2	-1.03489e-04	-2.07376e-06	5.61341e-08
4	9.19560e-05	1.31157e-06	-1.45478e-08
17	4.68492e-03	8.58483e-04	-2.79114e-04
20	4.17919e-03	-4.44989e-03	1.55411e-03

【0081】尚、非球面係数の次数は4、6、8とされている。また、表中の「e」は10を底とする指数表現を意味している（以下に示す実施例2乃至6においても同様である。）。

【0082】図5乃至図13は実施例1の光学系1Aに関する収差図であり、図5乃至図7はブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示し、図8乃至図10はブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示している。尚、これらの図において符号d、gに示す曲線は、d線（波長587.6nm）、g線（波長435.8nm）に係る収差曲線をそれぞれ示しており、また、符号M、Sに示す曲線はメリディオナル像面、サジタル像面に係る収差曲線をそれぞれ示している。また、図11乃至図13はブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示している。尚、メリディオナルコマ収差図においては縦軸が収差量（光軸に対し垂直方向の主光線からのずれ量）を示し、横軸が瞳座標（主光線からの

距離）を示しており、この事は後述する実施例2乃至6においても同様である。

【0083】図14乃至図23は実施例2を示すものである。

【0084】図14に示すように、光学系1Bは5つのレンズ群から構成されており、第1群G1を構成する最も物体側のアフォーカル部A1Fは負レンズの後方に可動の正レンズが配置された構成されている。そして、第1群G1を構成する後群A1Rが3枚のレンズによって構成され、第2群G2が3枚、第3群G3が1枚、第4群G4が2枚、第5群G5が3枚のレンズによってそれぞれ構成されている。前記した実施例1の場合と同様に、レンズの面番号や各面の曲率半径、レンズ間隔を定義して、光学系1Bの構成を数値表で示したものが下表である。

【0085】

【表6】

i	r i	d i	N	ν
1	-11.0242	0.4696	1.49200	58.00
2	12.0800	0.4280		
3	14.8297	1.7585	1.49200	58.00
4	-10.7061	0.2318		
5	9.7224	0.2086	1.84666	23.78
6	5.7948	0.9663	1.62041	60.34
7	-204.9717	0.0464		
8	5.1761	0.5384	1.62041	60.34
9	10.1914	variable		
10	5.5870	0.1623	1.83400	37.35
11	1.4091	0.9968		
12	-4.5387	0.1391	1.60342	38.01
13	1.7971	0.4917	1.92286	20.88
14	7.0734	variable		
15	STOP	0.1623		
16	4.2496	0.4622	1.58913	61.25
17	-15.0198	variable		
18	2.5942	0.1623	1.84666	23.78
19	1.4915	1.0486	1.58913	61.25
20	-5.0711	variable		
21	INFINITY	0.3709	1.51680	64.20
22	INFINITY	0.4752	1.55232	63.42
23	INFINITY	0.1854		
24	INFINITY	0.1739	1.55671	58.56
25	INFINITY			

【0086】尚、本例において、 $f=1\sim 13.9$ 、 $FNO=1:1.65\sim 2.66$ 、 $2\cdot\omega=57.6\sim 4.3$ とされている。表中の、「INFINITY」、「variable」等の意味については前述した通りである。

【0087】本例において、レンズ間隔 d_9 、 d_{14} 、 d_{17} 、 d_{20} が可変長であり、これらと焦点距離 f との関係を下表に示す。

【0088】

【表7】

$d \backslash f$	1.0000	2.5583	13.9419
d_9	0.3941	3.1022	5.8102
d_{14}	5.7523	3.0442	0.3361
d_{17}	2.4036	1.9207	3.1259
d_{20}	1.2964	1.7778	0.5749

【0089】また、面番号 $i=2, 4, 17, 20$ のレンズ面が非球面形状とされており、それらの非球面係数を表形式で示すと以下のようになる。

【0090】

【表 8】

i	A ₄	A ₆	A ₈
2	-2.93434e-04	-6.74982e-07	2.21109e-08
4	1.92809e-04	2.17144e-06	9.64688e-09
17	3.94972e-03	1.19738e-03	-3.77416e-04
20	6.68405e-03	-6.67158e-03	2.22404e-03

【0091】尚、非球面係数の次数は4、6、8とされている。

【0092】図15乃至図23は実施例2の光学系1Bに関する収差図であり、図15乃至図17がブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示し、図18乃至20がブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示している。尚、符号d、g及びM、Sの意味は前述した通りである。また、図21乃至図23はブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示している。

【0093】図24乃至図33は実施例3を示すものである。

【0094】図24に示すように、光学系1Cは5つのレンズ群から構成されており、第1群G1を構成する最も物体側のアフォーカル部A1Fは負レンズの後方に可動の正レンズが配置された構成されている。そして、第1群G1を構成する後群A1Rが3枚のレンズによって構成され、第2群G2が3枚、第3群G3が1枚、第4群G4が2枚、第5群G5が3枚のレンズによってそれぞれ構成されている。光学系1Cの構成を数値表として示したものが下表である。

【0095】

【表 9】

i	r i	d i	N	ν
1	1404.2959	0.4488	1.49200	58.00
2	18.0320	0.4232		
3	16.2593	1.0318	1.49200	58.00
4	-75.3884	0.2219		
5	11.0123	0.1997	1.84866	23.78
6	6.0317	0.8669		
7	-52.9667	0.0444	1.62041	60.34
8	4.7295	0.5772		
9	10.0736	variable	1.62041	60.34
10	90.0844	0.1553		
11	1.4237	0.5085	1.83400	37.35
12	-5.4837	0.4658		
13	1.7131	0.4677	1.60342	38.01
14	7.7131	variable		
15	STOP	0.1553	1.92286	20.88
16	4.1833	0.4418		
17	-14.5492	variable	1.58913	61.25
18	2.5961	0.1553		
19	1.4958	1.0270	1.84866	23.78
20	-4.6848	variable		
21	INFINITY	0.3551	1.58913	61.25
22	INFINITY	0.4549		
23	INFINITY	0.1775	1.51680	64.20
24	INFINITY	0.1664		
25	INFINITY		1.55232	63.42
			1.55671	58.56

【0096】尚、本例において、 $f=1\sim 14$ 、 $FNO=1:1.65\sim 2.67$ 、 $2\cdot\omega=55.5\sim 4.1$ とされている。

【0097】本例において、レンズ間隔 d_9 、 d_{14} 、 d_{17} 、 d_{20} が可変長であり、これらと焦点距離 f との関係を下表に示す。

【0098】

【表10】

$d \backslash f$	1.0000	2.5827	13.9515
d_9	0.3908	2.9035	5.4163
d_{14}	5.3473	2.8345	0.3218
d_{17}	2.2264	1.7256	2.7851
d_{20}	1.3565	1.8554	0.7970

【0099】また、面番号 $i=2, 4, 17, 20$ のレンズ面が非球面形状とされており、それらの非球面係数を表形式で示すと以下のようになる。

【0100】

【表11】

l	A ₄	A ₆	A ₈
2	-6.03224e-05	-1.46638e-06	-5.93805e-09
4	4.66257e-05	-3.11636e-07	3.83746e-08
17	4.61484e-03	1.48119e-03	-5.06496e-04
20	7.93928e-03	-8.03024e-03	3.44109e-03

【0101】尚、非球面係数の次数は4、6、8とされている。

【0102】図25乃至図33は実施例3の光学系1Cに関する収差を示すものであり、図25乃至図27はブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示し、図28乃至図30はブレがない状態でのメリディオ

ナルコマ収差を示している。また、図31乃至図33はブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示している。

【0104】図34に示すように、光学系1Dは5つのレンズ群から構成されており、第1群G1を構成する最も物体側のアフォーカル部A1Fは正レンズの後方に可動の負レンズが配置された構成されている。そして、第1群G1を構成する後群A1Rが3枚のレンズによって構成され、第2群G2が3枚、第3群G3が1枚、第4群G4が2枚、第5群G5が3枚のレンズによってそれぞれ構成されている。光学系1Dの構成を数値表として示したものが下表である。

【0105】

【表12】

i	r i	d i	N	ν
1	26.3468	1.5050	1.49200	58.00
2	-11.4711	0.3669		
3	-11.9543	0.4436	1.49200	58.00
4	22.0028	0.2218		
5	8.7502	0.1996	1.84666	23.78
6	5.6595	0.7294		
7	38.4043	0.0444	1.62041	60.34
8	5.2463	0.5024		
9	10.4625	variable	1.62041	60.34
10	-68.2554	0.1553		
11	1.5020	0.4962	1.83400	37.35
12	-8.0894	0.2023		
13	2.0395	0.4726	1.60342	38.01
14	38.0047	variable		
15	STOP	0.1553	1.92286	20.88
16	3.3401	0.4402		
17	21.7770	variable	1.58913	61.25
18	2.8387	0.1553		
19	1.6561	1.1019	1.84666	23.78
20	-5.2860	variable		
21	INFINITY	0.3549	1.58913	61.25
22	INFINITY	0.4547		
23	INFINITY	0.1775	1.51680	64.20
24	INFINITY	0.1664		
25	INFINITY		1.55232	63.42
			1.55671	58.56

【0106】尚、本例において、 $f=1\sim 14$ 、 $FNO=1:1.65\sim 2.51$ 、 $2\cdot\omega=55.4\sim 4.1$ とされている。

【0107】本例において、レンズ間隔 d_9 、 d_{14} 、 d_{17} 、 d_{20} が可変長であり、これらと焦点距離 f との関係を下表に示す。

40

【0108】

【表13】

d \ f	1.0000	2.6346	13.9870
d 9	0.3978	3.3333	6.2688
d 14	6.1926	3.2571	0.3216
d 17	2.0377	1.2900	0.5026
d 20	1.8297	2.5742	3.3578

【0109】また、面番号 $i=2, 4, 17, 20$ のレンズ面が非球面形状とされており、それらの非球面係数

を表形式で示すと以下のようになる。

*【表 1 4】

【0 1 1 0】

*

i	A ₄	A ₆	A ₈
2	2.26082e-04	-3.50695e-06	1.47849e-07
4	-1.94988e-04	-8.97612e-07	-2.54892e-08
1 7	5.66890e-03	1.76415e-04	-5.08852e-05
2 0	7.29874e-03	-2.29353e-04	-5.64304e-04

【0 1 1 1】尚、非球面係数の次数は 4、6、8 とされている。

【0 1 1 2】図 3 5 乃至図 4 3 は実施例 4 の光学系 1 D に関する収差図であり、図 3 5 乃至図 3 7 はブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示し、図 3 8 乃至図 4 0 はブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示している。また、図 4 1 乃至図 4 3 はブレ補正を行なった状態でのメリディオナルコマ収差を示している。

【0 1 1 3】図 4 4 乃至図 5 3 は実施例 5 を示すものである。

【0 1 1 4】図 4 4 に示すように、光学系 1 E は 5 つの

レンズ群から構成されており、第 1 群 G 1 を構成する最も物体側のアフォーカル部 A 1 F は正レンズの後方に可動の負レンズが配置された構成されている。そして、第 1 群 G 1 を構成する後群 A 1 R が 3 枚のレンズによって構成され、第 2 群 G 2 が 3 枚、第 3 群 G 3 が 1 枚、第 4 群 G 4 が 2 枚、第 5 群 G 5 が 3 枚のレンズによってそれぞれ構成されている。光学系 1 E の構成を数値表として示したものが下表である。

【0 1 1 5】

【表 1 5】

i	r i	d i	N	ν
1	8.1402	1.8538	1.49200	58.00
2	-12.1865	0.3648		
3	-10.6134	0.4074		
4	7.5911	0.4074	1.49200	58.00
5	11.0167	0.1833	1.84666	23.78
6	6.0495	0.7428		
7	-38.6797	0.0407		
8	4.4190	0.4135	1.62041	80.34
9	7.2802	variable		
10	-20.1016	0.1426		
11	1.4572	0.4518	1.83400	37.35
12	-2.7885	0.1594	1.60342	38.01
13	1.9320	0.4326		
14	64.2338	variable		
15	STOP	0.1426	1.92286	20.88
16	2.7127	0.3987		
17	10.4470	variable		
18	2.7134	0.1426	1.84666	23.78
19	1.5704	1.0057		
20	-4.4517	variable		
21	INFINITY	0.3259	1.51680	64.20
22	INFINITY	0.4716		
23	INFINITY	0.1630		
24	INFINITY	0.1528	1.55671	58.56
25	INFINITY			

【0116】尚、本例において、 $f=1\sim 14$ 、 $FNO=1:1.65\sim 2.54$ 、 $2\cdot\omega=51.5\sim 3.8$ とされている。

【0117】本例において、レンズ間隔 d_9 、 d_{14} 、 d_{17} 、 d_{20} が可変長であり、これらと焦点距離 f との関係を下表に示す。

【0118】

【表16】

40

d \ f	1.0000	2.6824	13.9632
d 9	0.3733	3.0577	5.7420
d 14	5.6641	2.9798	0.2954
d 17	1.6418	0.9771	0.5093
d 20	1.6722	2.3380	2.7953

【0119】また、面番号 $i=2, 3, 17, 20$ のレンズ面が非球面形状とされており、それらの非球面係数を表形式で示すと以下のようになる。

【0120】

【表17】

i	A ₄	A ₅	A ₆
2	5.60857e-04	-1.15493e-05	5.18724e-07
3	5.94116e-04	-7.85223e-07	-1.49095e-07
17	1.01907e-02	-2.30513e-04	8.48364e-05
20	9.12785e-03	3.28770e-03	-2.82417e-03

【0121】尚、非球面係数の次数は4、6、8とされている。

【0122】図45乃至図53は実施例5の光学系1Eに関する収差を示すものであり、図45乃至図47はブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示し、図48乃至図50はブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示している。また、図51乃至図53はブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示している。

【0123】図54乃至図63は実施例6を示すものである。

【0124】図54に示すように、光学系1Fは5つのレンズ群から構成されており、第1群G1を構成する最も物体側のアフォーカル部A1Fは正レンズの後方に可動の負レンズが配置された構成されている。そして、第1群G1を構成する後群A1Rが3枚のレンズによって構成され、第2群G2が3枚、第3群G3が1枚、第4群G4が2枚、第5群G5が3枚のレンズによってそれぞれ構成されている。光学系1Eの構成を数値表として示したものが下表である。

【0125】

【表18】

i	r i	d i	N	v
1	30.9230	1.1630	1.49200	58.00
2	-23.2367	0.3964		
3	-23.9159	0.4508	1.49200	58.00
4	28.3335	0.2254		
5	8.8913	0.2029	1.84666	23.78
6	5.7508	0.7412	1.62041	60.34
7	39.0239	0.0451		
8	5.3910	0.5105	1.62041	60.34
9	10.6313	variable		
10	-69.3565	0.1578	1.83400	37.35
11	1.5262	0.5042		
12	-3.1393	0.2055	1.60342	38.01
13	2.0724	0.4802	1.92286	20.88
14	38.6179	variable		
15	STOP	0.1578		
16	3.3940	0.4473	1.58913	61.25
17	22.1283	variable		
18	2.8845	0.1578	1.84666	23.78
19	1.6829	1.1197	1.58913	61.25
20	-5.3712	variable		
21	INFINITY	0.3606	1.51680	64.20
22	INFINITY	0.4621	1.55232	63.42
23	INFINITY	0.1803		
24	INFINITY	0.1690	1.55671	58.58
25	INFINITY			

【0126】尚、本例において、 $f=1\sim 14$ 、 $FNO=1:1.65\sim 2.51$ 、 $2\cdot\omega=58.0\sim 4.2$ とされている。

【0127】本例において、レンズ間隔 d_9 、 d_{14} 、 d_{17} 、 d_{20} が可変長であり、これらと焦点距離 f との関係を下表に示す。

40

【0128】

【表19】

d \ f	1.0000	2.6347	13.9678
d 9	0.4042	3.3871	6.3699
d 14	6.2925	8.3097	0.3268
d 17	2.0708	1.3108	0.5107
d 20	1.8640	2.6206	3.4160

【0129】また、面番号 $i=2$ 、 4 、 17 、 20 のレンズ面が非球面形状とされており、それらの非球面係数を表形式で示すと以下ようになる。

50

【0130】

【表 20】

i	A ₁	A ₂	A ₃
2	2.90508e-05	1.19946e-06	-8.91705e-08
4	-2.19042e-05	-1.80005e-06	8.71655e-08
1 7	5.40315e-03	1.62848e-04	-4.54922e-05
2 0	6.95658e-03	-2.11715e-04	-5.04497e-04

【0131】尚、非球面係数の次数は4、6、8とされている。

【0132】図55乃至図63は実施例5の光学系1Eに関する収差を示すものであり、図55乃至図57はブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示し、図58乃至図60はブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示している。また、図61乃至図63はブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示している。

【0133】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかなように、請求項1に係る発明によれば、第1群を構成するアフォーカルの前群を、固定群と、光軸に直交する方向に移動可能な可動群とから構成し、変倍光学系が傾いた時の像ブレを補正する方向に可動群を移動させており、結像系に参与するレンズを移動させないので補正時の性能劣化が小さい。また、像ブレ補正系であるアフォーカルの前群とその後方に配置される結像系とを各別のモジュールとして取り扱うことができるので、設計が容易となり、可動群の位置調整を結像系のレンズ位置調整にとらわれることなく簡単かつ短時間に行なうことができる。そして、光学系の傾きと可動群の移動量との関係は変倍の如何によらず一定しているため像ブレ補正の制御が容易であり、可動群の移動量は結像系に関係なく設定することができるので自由度が大きく、大きな像ブレの補正が可能となる。

【0134】また、請求項2に係る発明によれば、画面サイズに対する像ブレ量の比についての条件及びアフォーカル倍率に係る条件を規定することによって、画角が大きくならないようにし、結像部の小型化及びレンズ性能の向上を図ることができる。

【0135】請求項3によれば、アフォーカル前群の像面側を可動群とすることによって、可動群の構成レンズが傷つかないように保護することができる。

【0136】請求項4に係る発明によれば、固定群を正

レンズとし、可動群を負レンズとすることによって、光学系の全長を短くすることかでき、歪曲収差を低減することができる。

【0137】また、請求項4とは逆の構成、つまり、請求項8に係る発明のように、固定群を負レンズとし、可動群を正レンズとすれば、結像部単独での画角が小さくなり収差補正に有利となる。

【0138】請求項5、請求項9に係る発明によれば、固定群と可動群との相対する面の曲率半径比に条件を課すことによって、像ブレ補正前の状態における両群の主点間隔を極力小さくすることができ、像ブレ補正時における収差を小さくすることができる。

【0139】そして、請求項6、請求項10に係る発明によれば、アフォーカル前群を構成する各群の焦点距離を短縮し、固定群及び可動群のそれぞれの収差を小さくすることで像ブレ補正時における性能の劣化を低減することができ、請求項7、請求項11に係る発明によれば、非球面形状の採用によってさらに収差を小さくするとともに、アフォーカル前群を少ないレンズ枚数で構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る像ブレ補正変倍光学系の基本構成を示す概略図である。

【図2】本発明に係る像ブレ補正変倍光学系においてアフォーカル部の固定群を正レンズ、可動群を負レンズとした場合の原理説明図である。

【図3】本発明に係る像ブレ補正変倍光学系においてアフォーカル部の固定群を負レンズ、可動群を正レンズとした場合の原理説明図である。

【図4】図5乃至図13とともに本発明に係る実施例1を示すものであり、本図は広角端における構成を示す。

【図5】広角端においてブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図6】広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）において、ブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲

差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図28】広角端においてブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図29】広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）
において、ブレがない状態でのメリディオナルコマ収差
を示す図である。

【図30】望遠端においてブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図31】 広角端においてブレ補正を行った状態でのメ
10 リディオナルコマ収差を示す図である。

【図32】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）において、プレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図33】望遠端においてプレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図34】図35乃至図43とともに本発明に係る実施例4を示すものであり、本図は広角端におけるレンズ構成を示す。

【図35】広角端においてブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図36】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）
において、ブレがない状態での球面収差、非点収差、歪
曲収差を示す図である。

【図37】望遠端においてブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図38】広角端においてブレがない状態でのメリディ
オナルコマ収差を示す図である。

【図39】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）
において、ブレがない状態でのメリディオナルコマ収差
を示す図である。

【図40】望遠端においてブレがない状態でのメリディ
オナルコマ収差を示す図である。

【図4 1】 広角端においてブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 4 2】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）において、ブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図43】望遠端においてブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

40 【図４４】図４５乃至図５３とともに本発明に係る実施例５を示すものであり、本図は広角端におけるレンズ構成を示す。

【図45】広角端においてブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図46】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）
において、ブレがない状態での球面収差、非点収差、歪
曲収差を示す図である。

【図47】望遠端においてブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

50 【図48】 広角端においてブレがない状態でのメリディ

オナルコマ収差を示す図である。

【図 4 9】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）において、ブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 5 0】 望遠端においてブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 5 1】 広角端においてブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 5 2】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）において、ブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 5 3】 望遠端においてブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 5 4】 図 5 5 乃至図 6 3 とともに本発明に係る実施例 6 を示すものであり、本図は広角端におけるレンズ構成を示す。

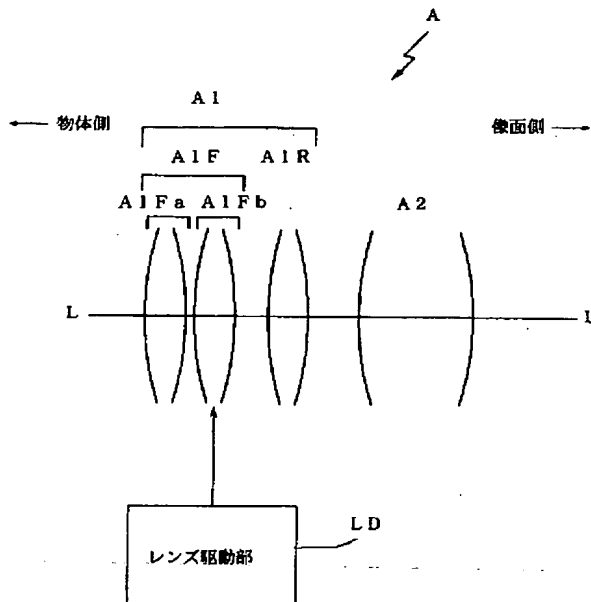
【図 5 5】 広角端においてブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 5 6】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）において、ブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 5 7】 望遠端においてブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 5 8】 広角端においてブレがない状態でのメリディ

【図 1】



オナルコマ収差を示す図である。

【図 5 9】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）において、ブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 6 0】 望遠端においてブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 6 1】 広角端においてブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 6 2】 広角端と望遠端との中間状態（ノーマル端）において、ブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【図 6 3】 望遠端においてブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示す図である。

【符号の説明】

A 像ブレ補正変倍光学系

A1 第1群

A1F アフォーカル部（前群）

A1Fa 固定群

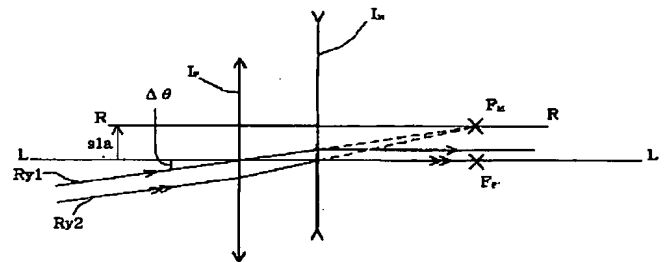
A1Fb 可動群

20 A1R 後群

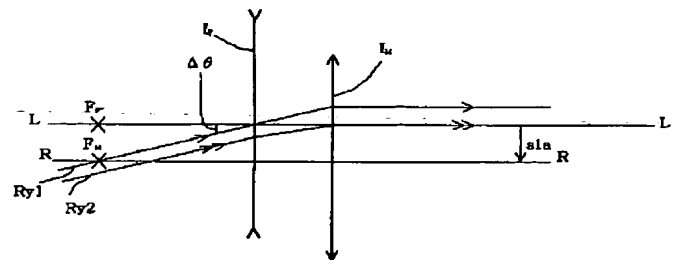
LD レンズ駆動部（移動手段）

1A、1B、1C、1D、1E、1F 像ブレ補正変倍光学系

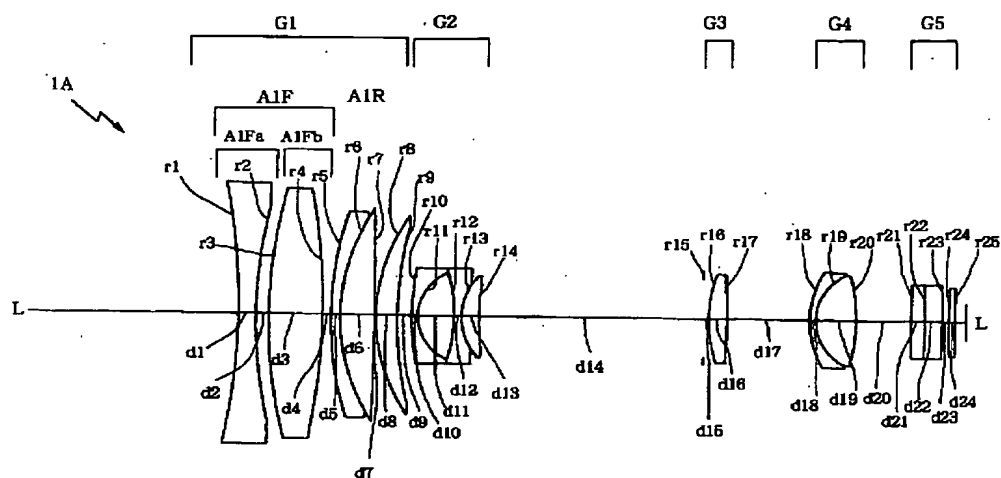
【図 2】



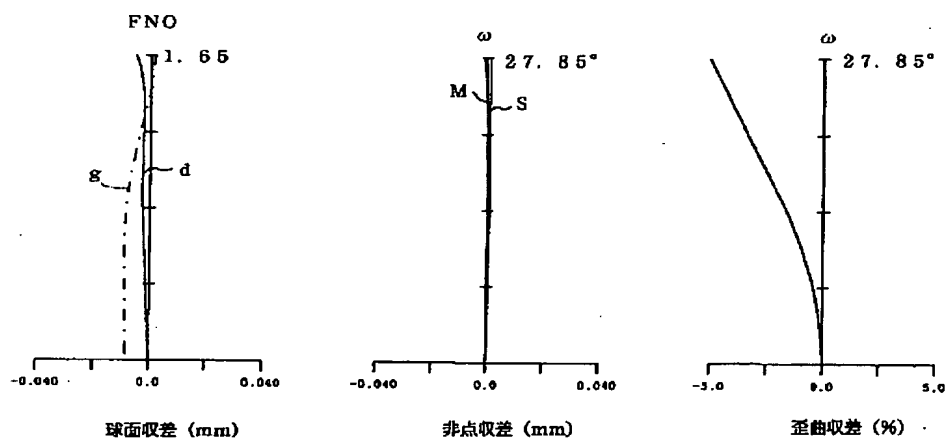
【図 3】



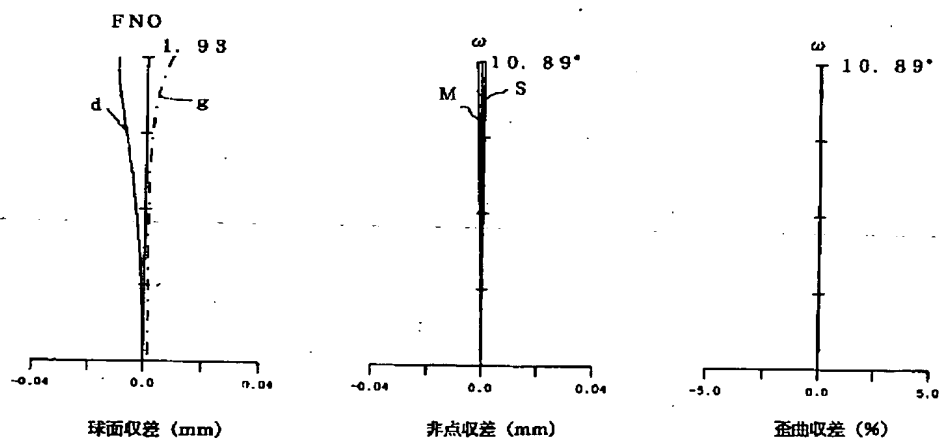
【図 4】



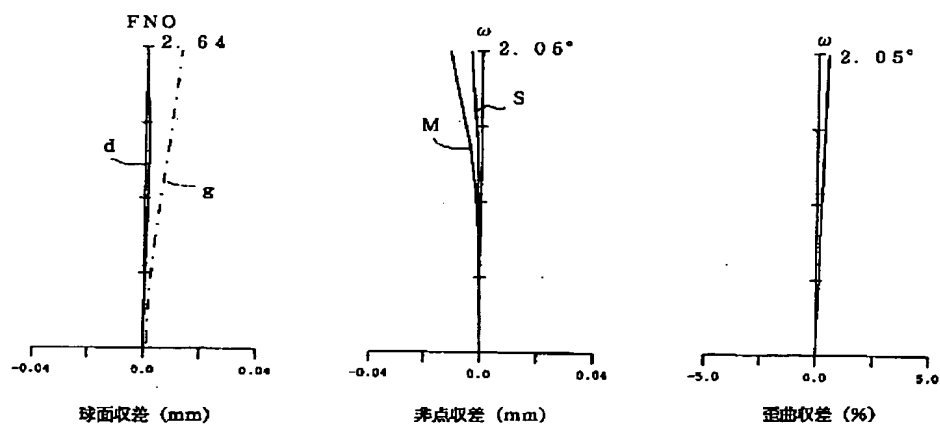
【図 5】



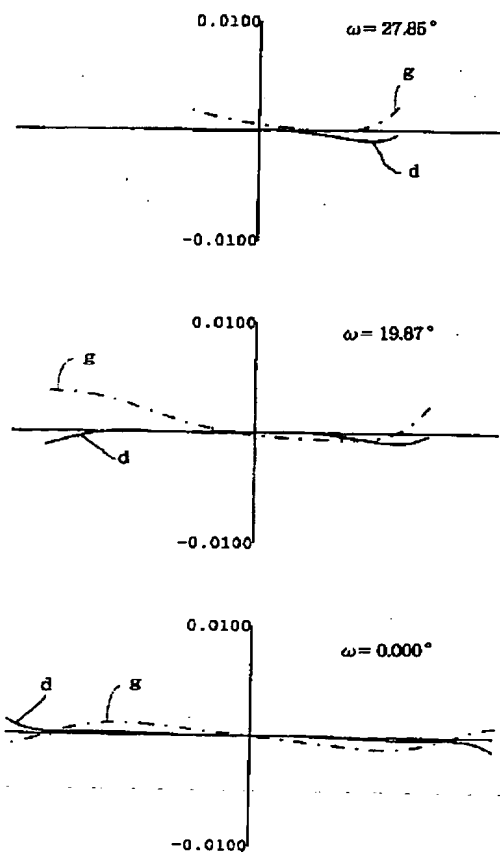
【図 6】



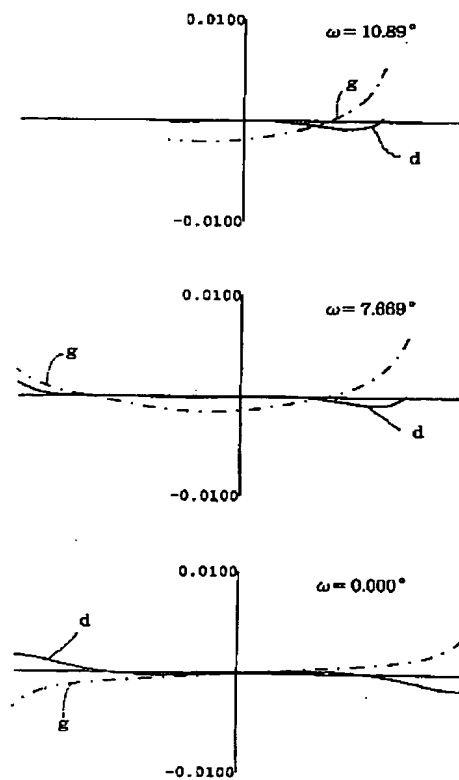
【図 7】



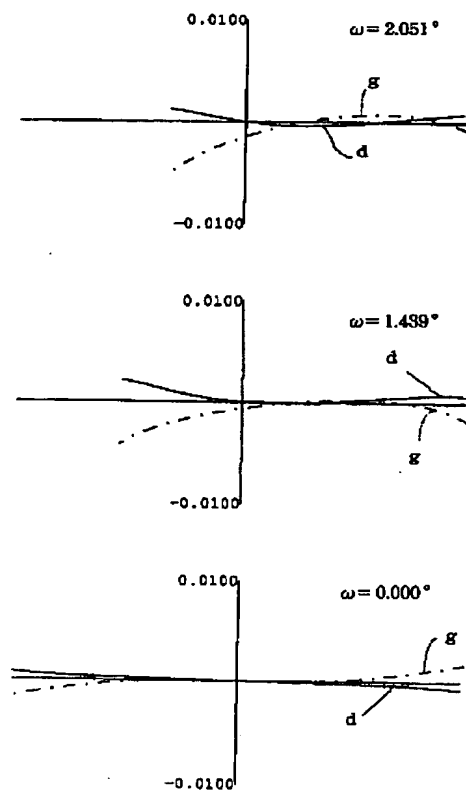
【図 8】



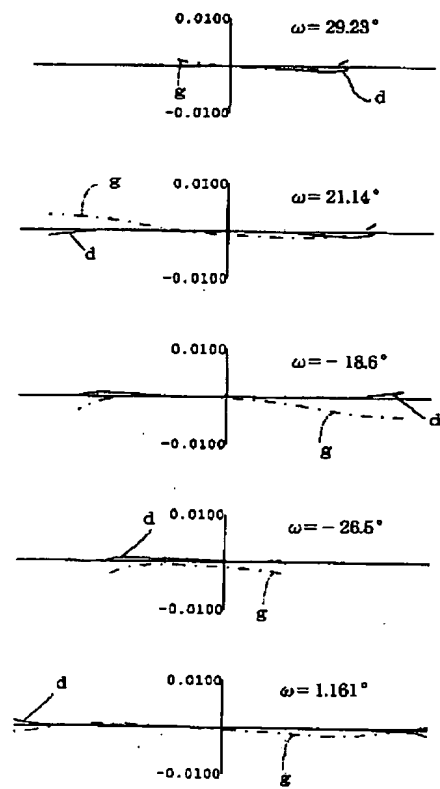
【図 9】



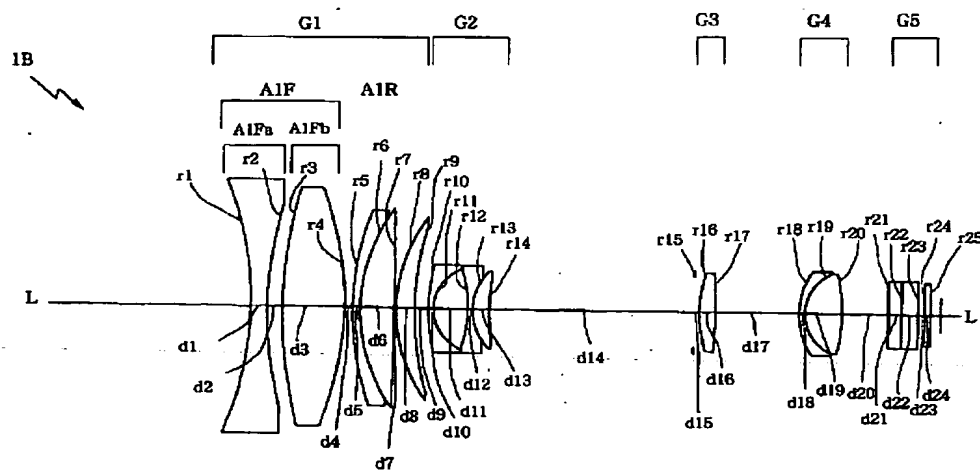
【図 10】



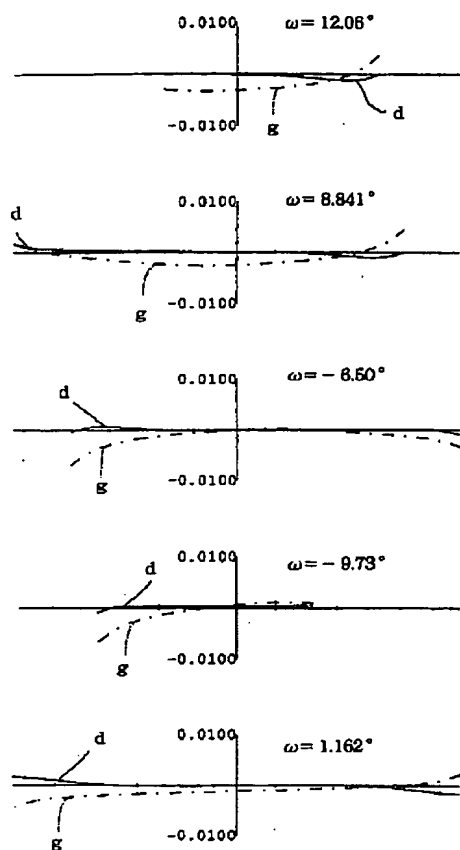
【図 11】



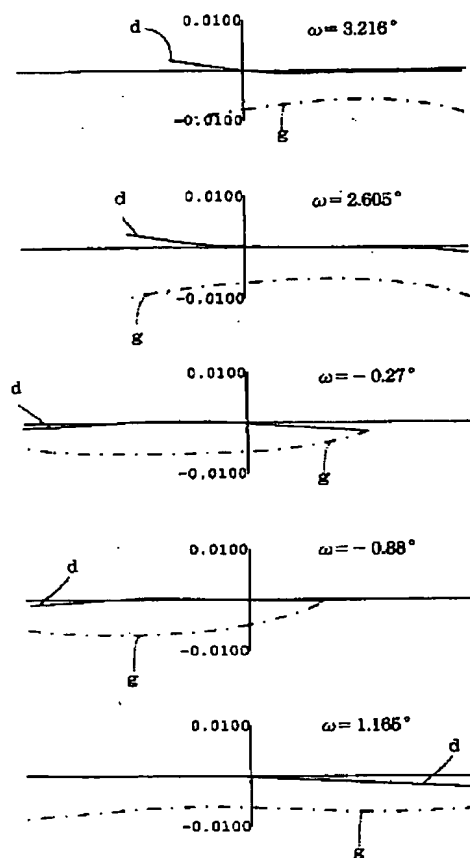
【図 14】



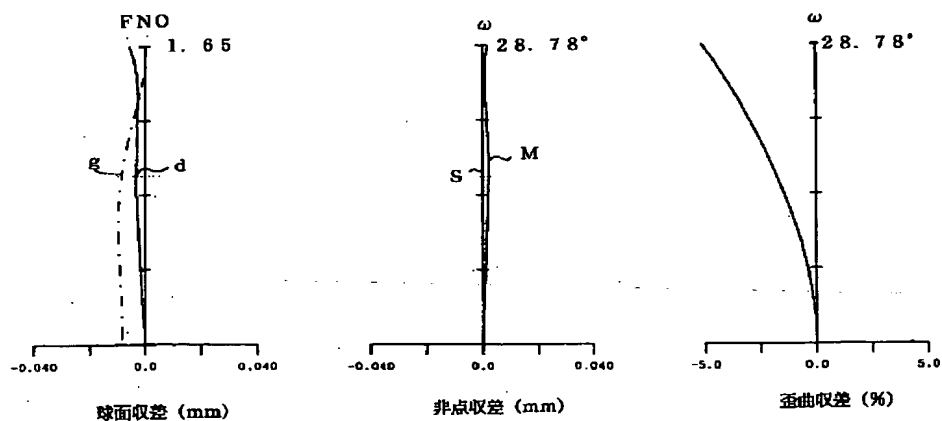
【図 1 2】



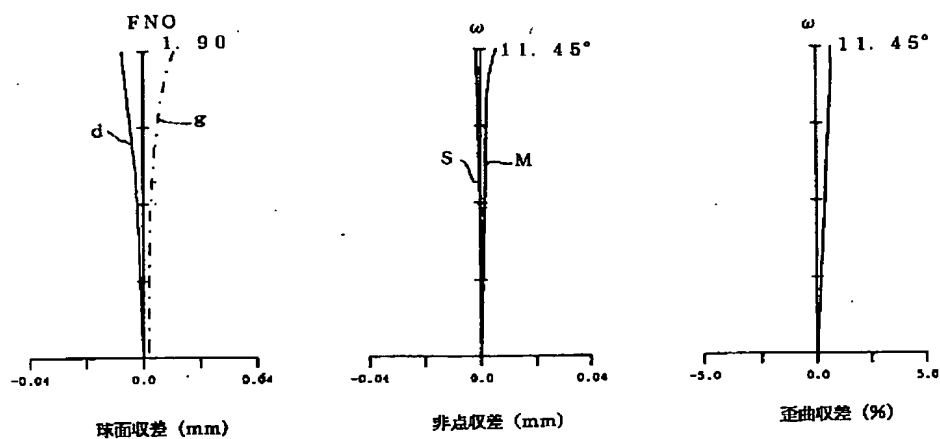
【図 1 3】



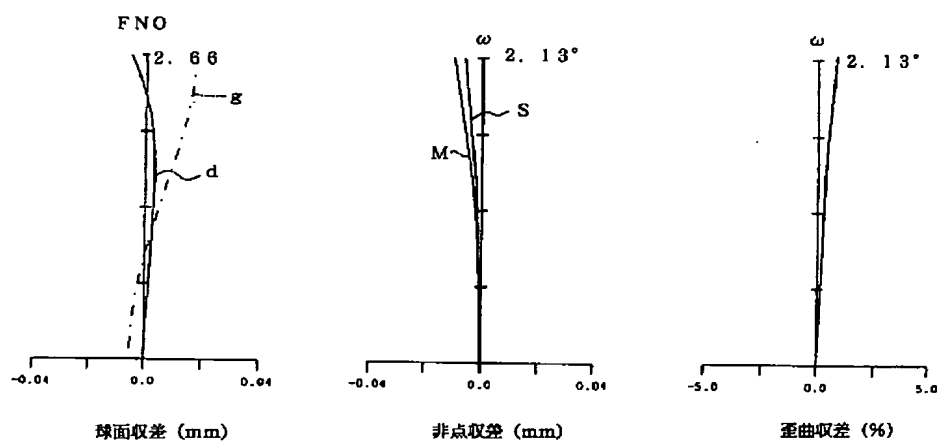
【図 1 5】



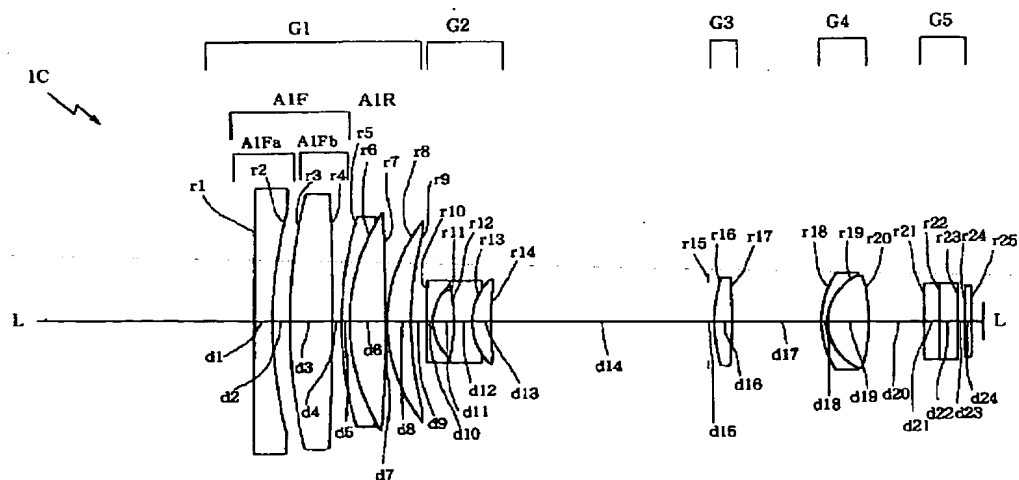
【図 16】



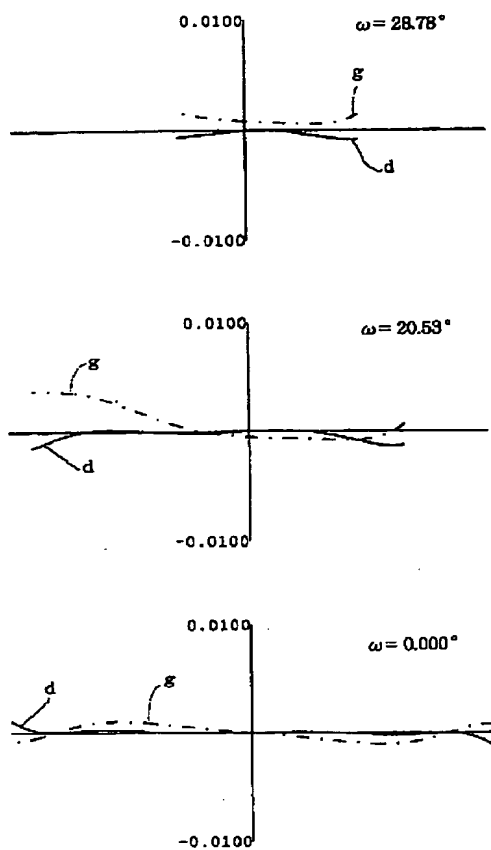
【図 17】



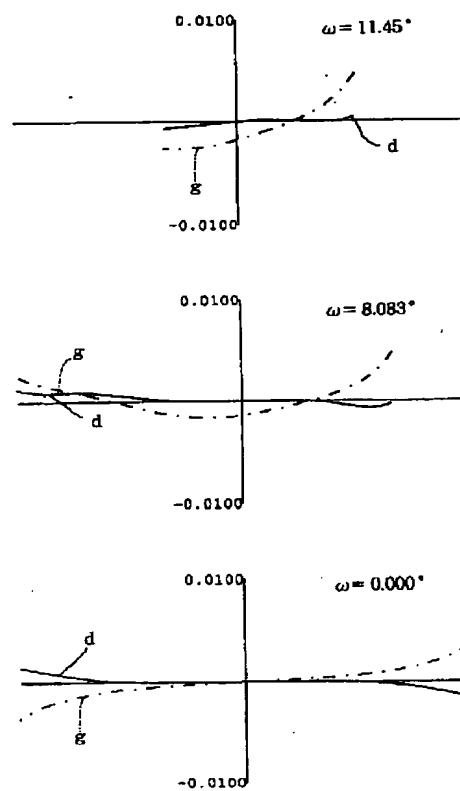
【図 24】



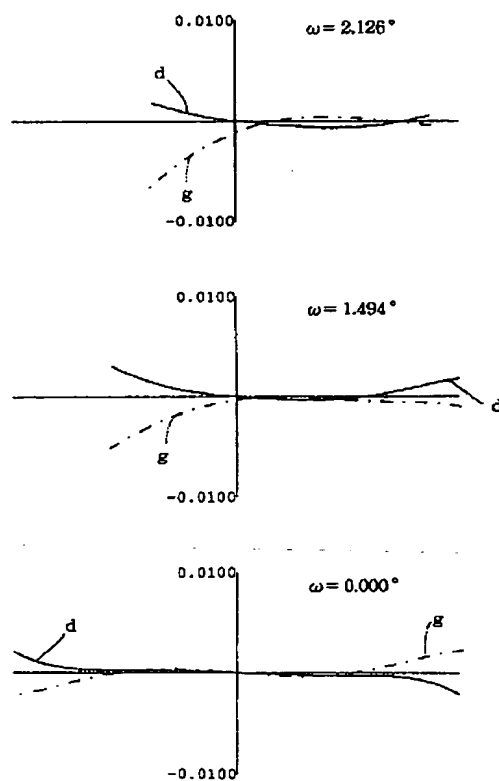
【図 18】



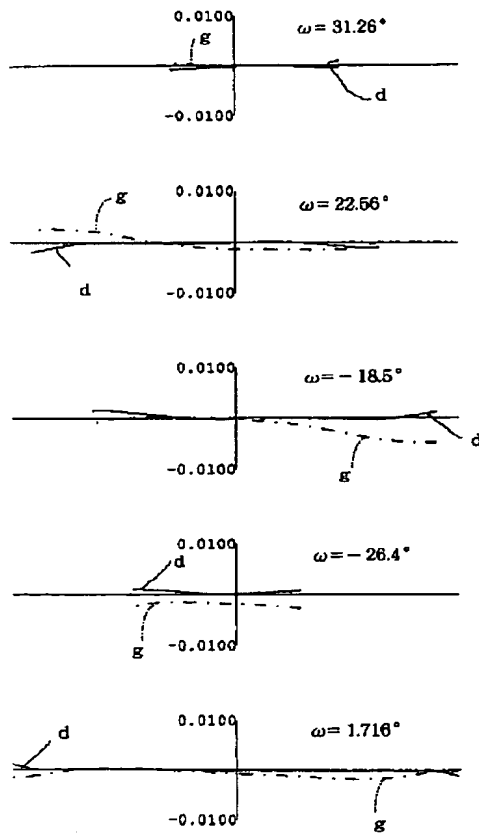
【図 19】



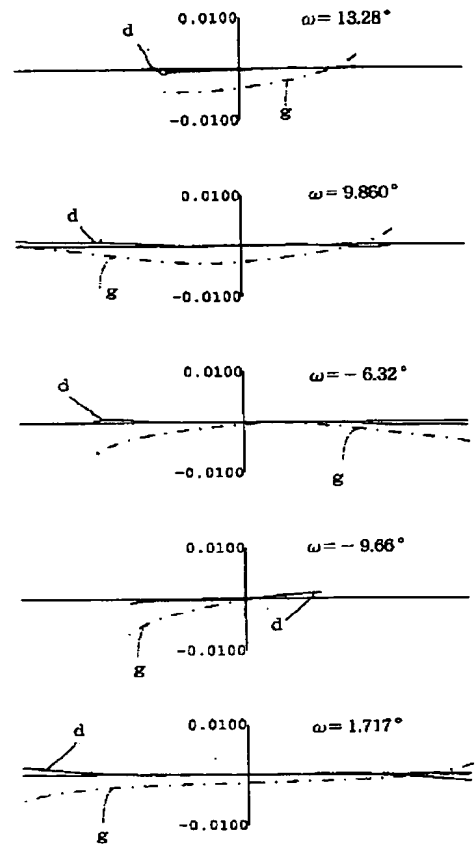
【図 20】



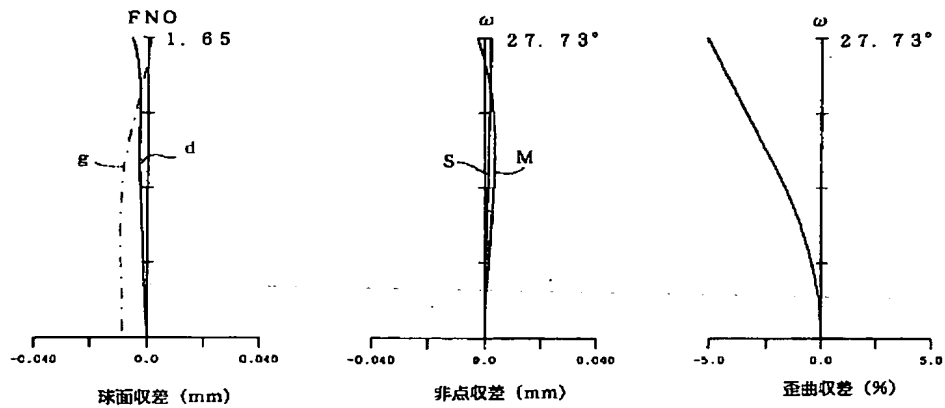
【図 2 1】



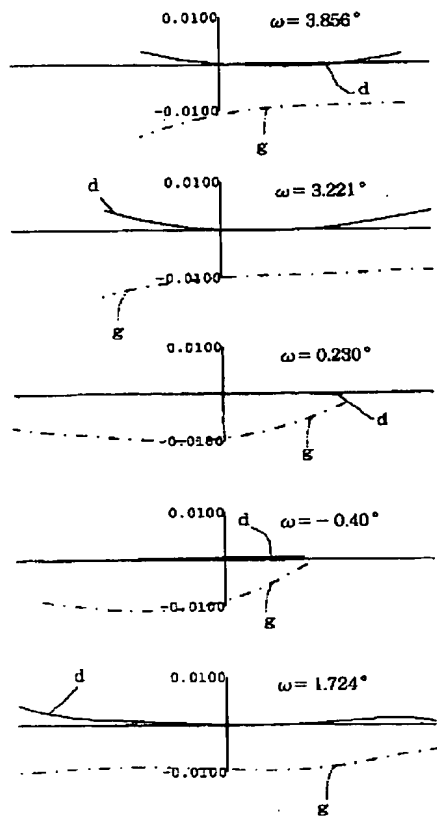
【図 2 2】



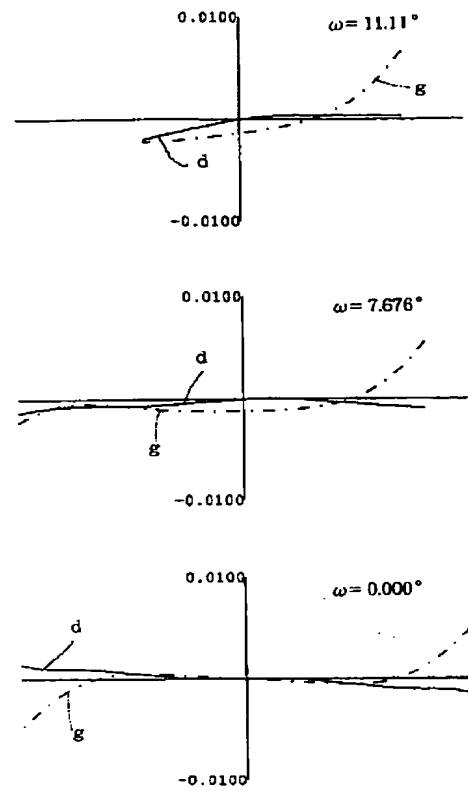
【図 2 5】



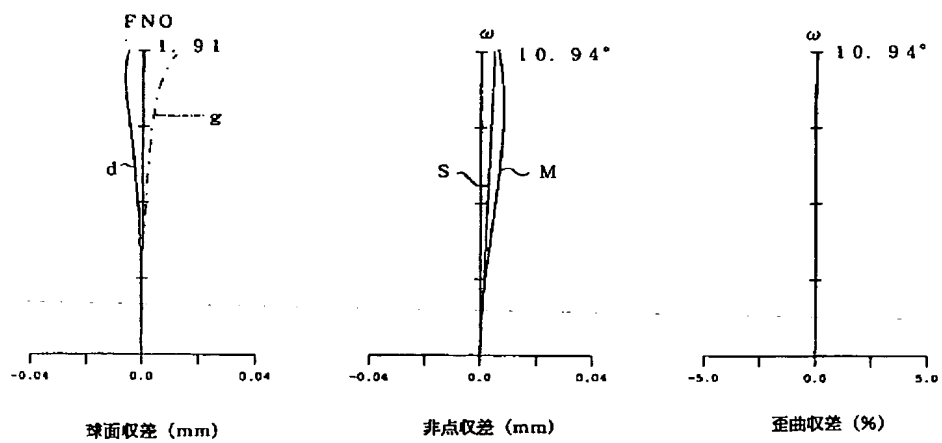
【図 23】



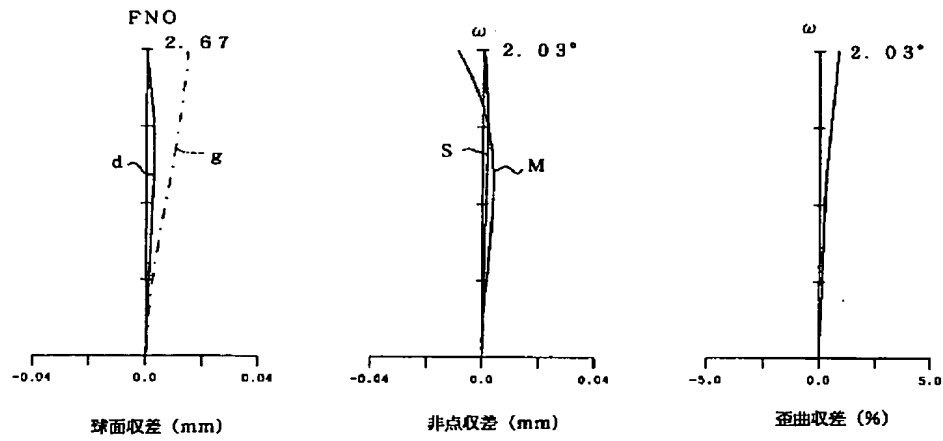
【図 39】



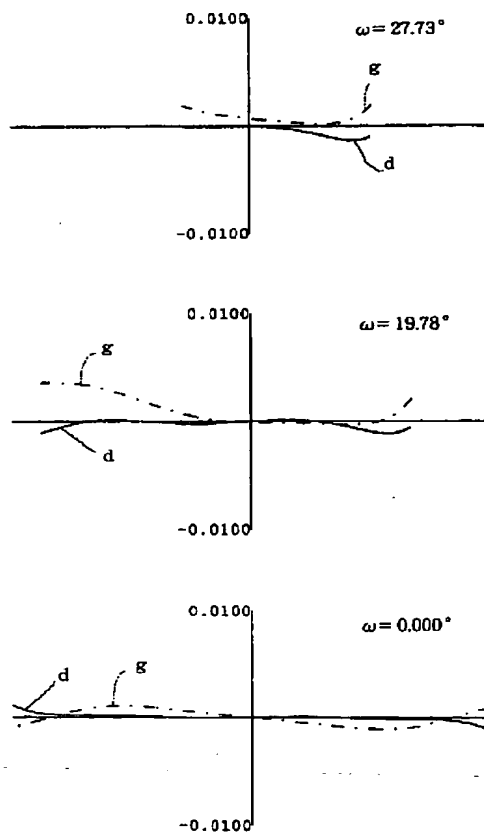
【図 26】



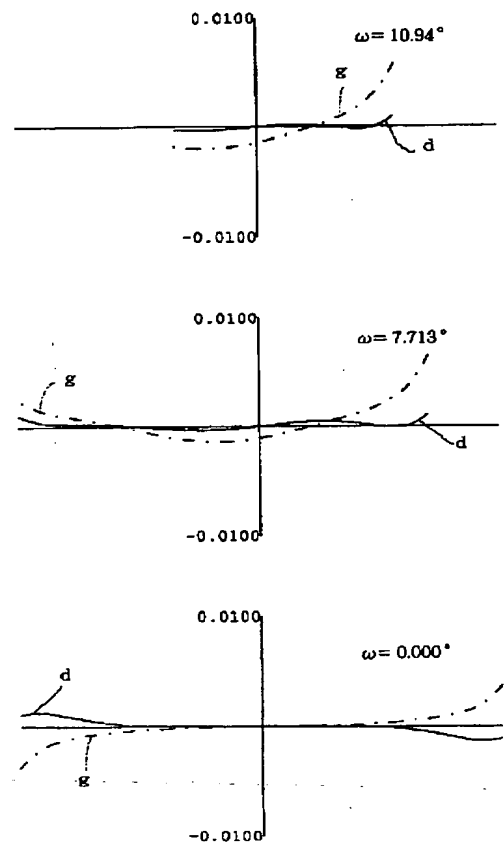
【図 2 7】



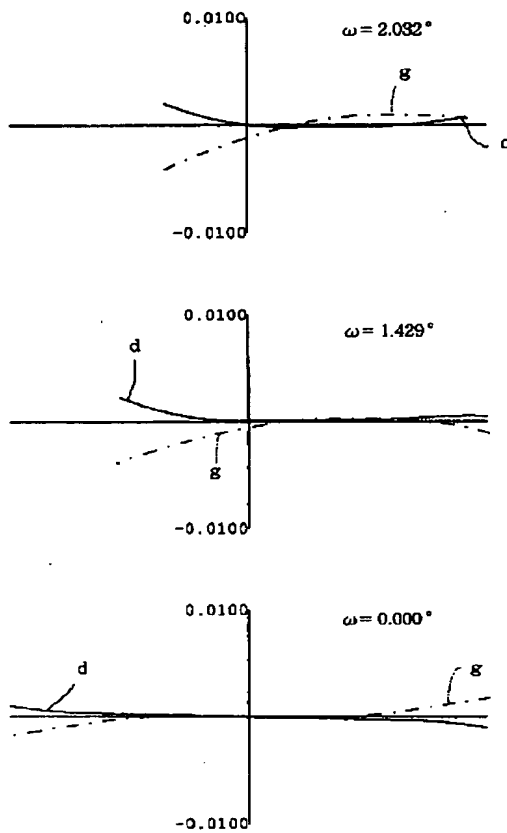
【図 2 8】



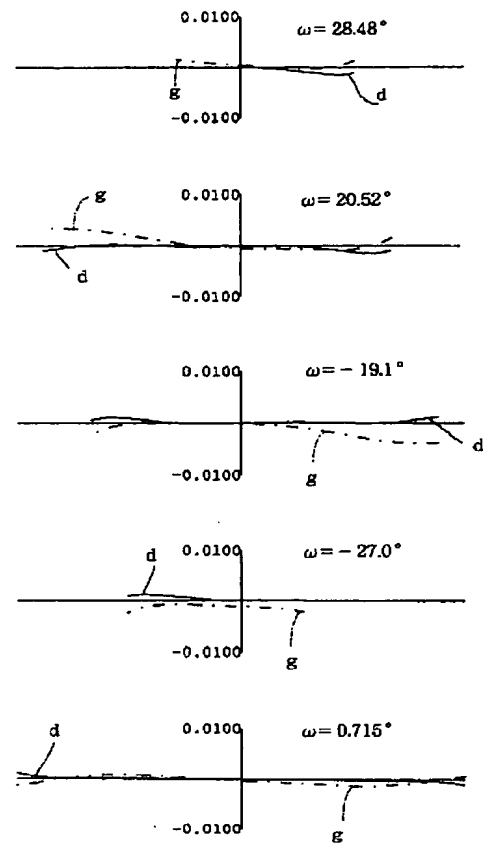
【図 2 9】



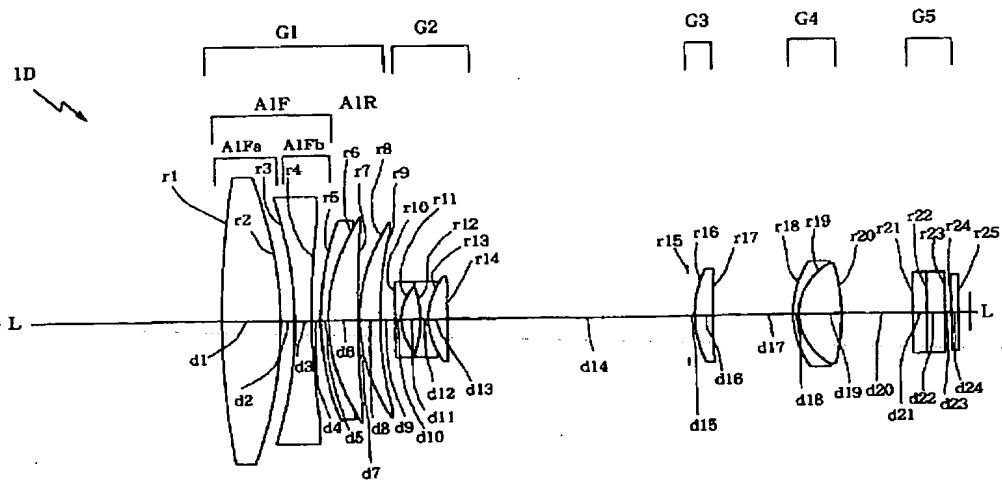
【図 30】



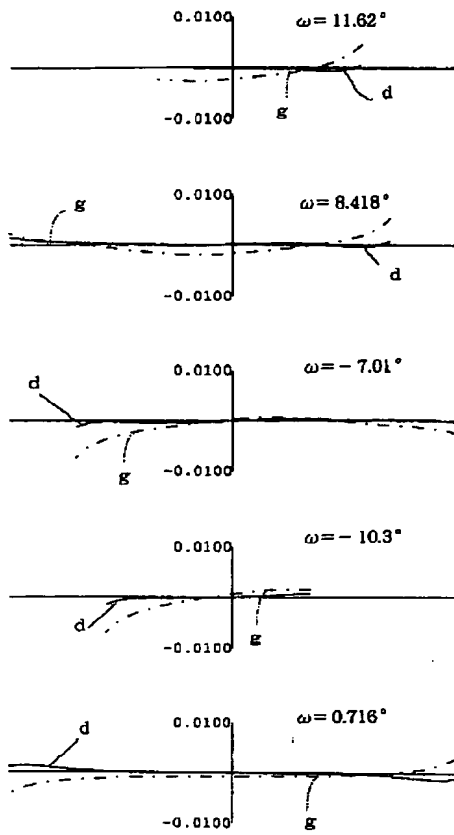
【図 31】



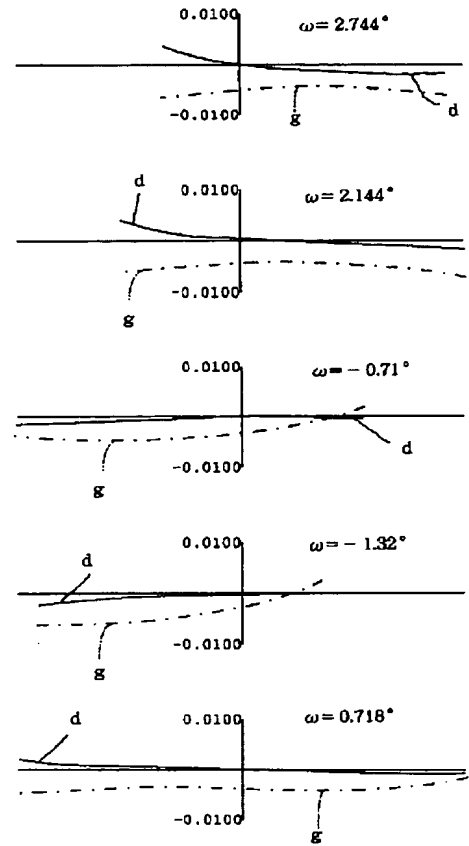
【図 34】



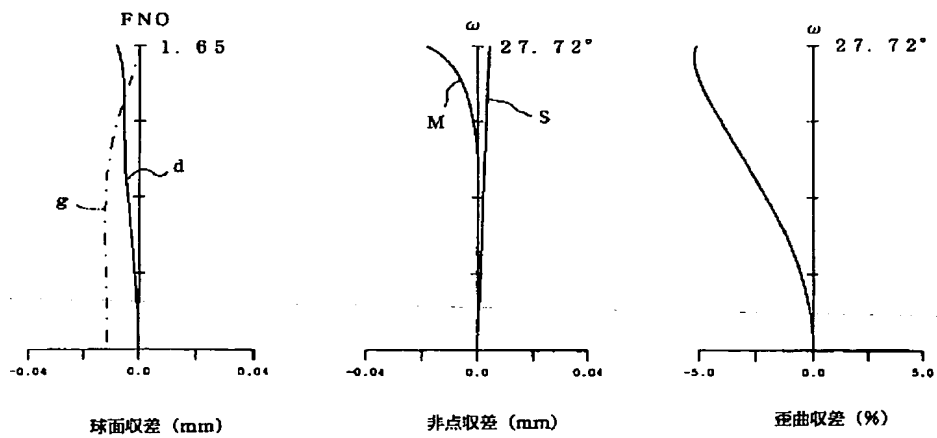
【図 3 2】



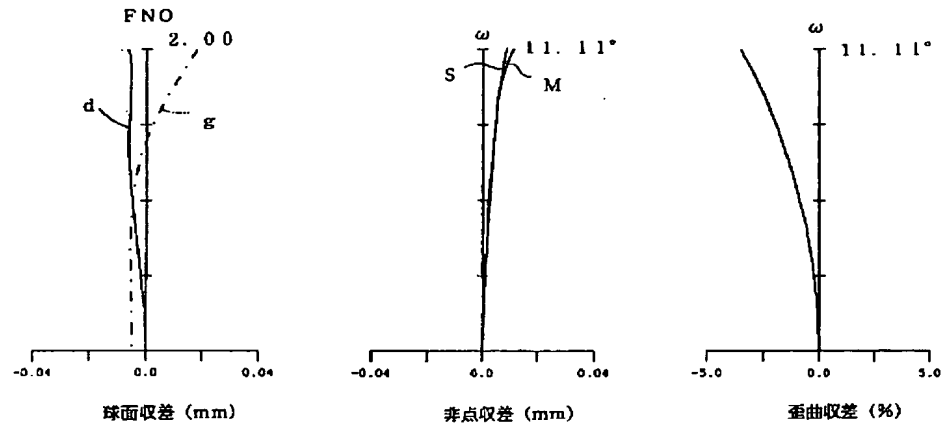
【図 3 3】



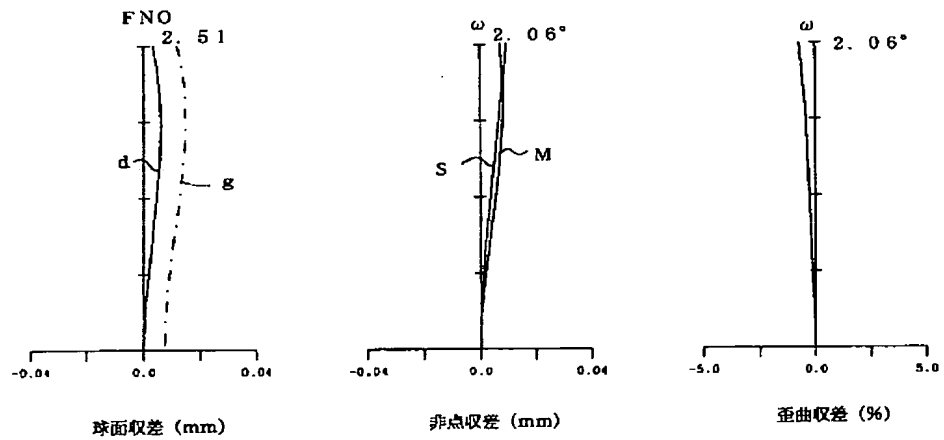
【図 3 5】



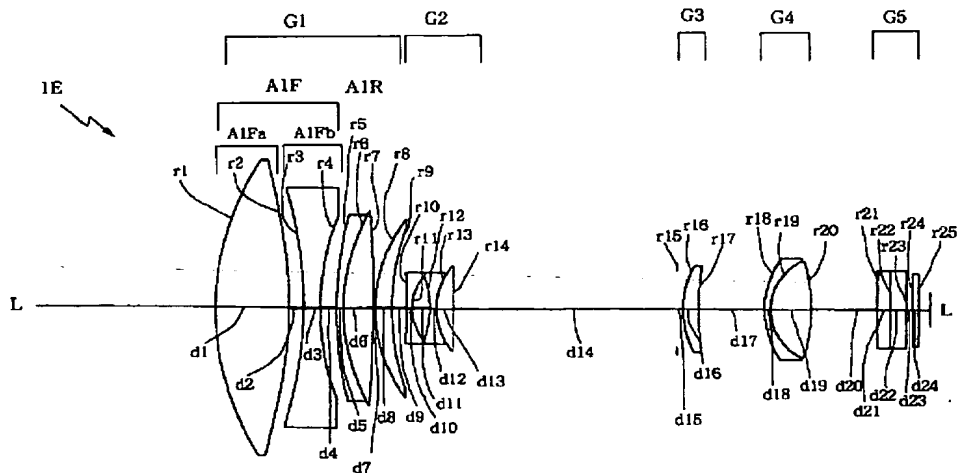
【図36】



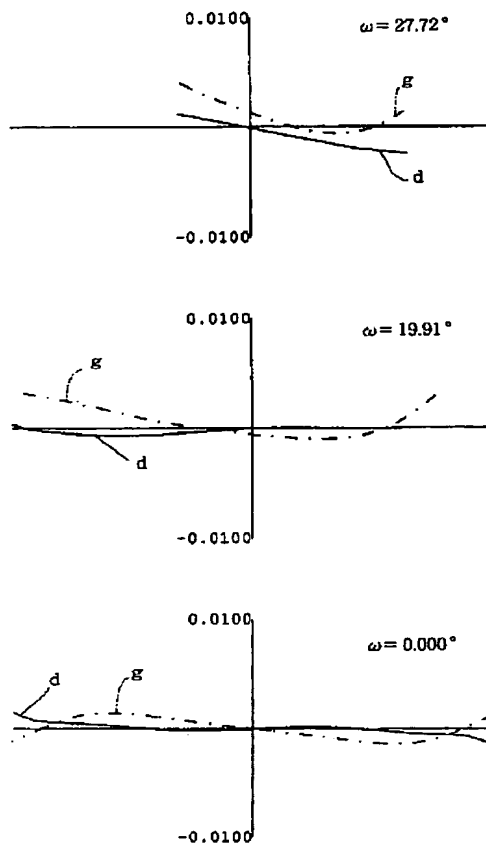
【図37】



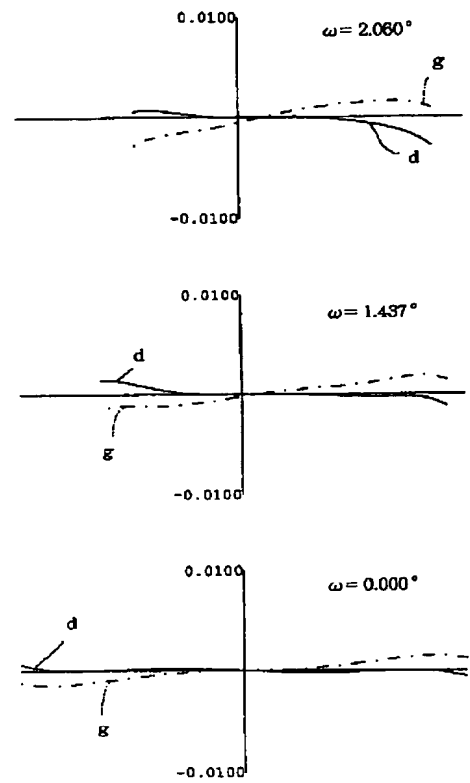
【図44】



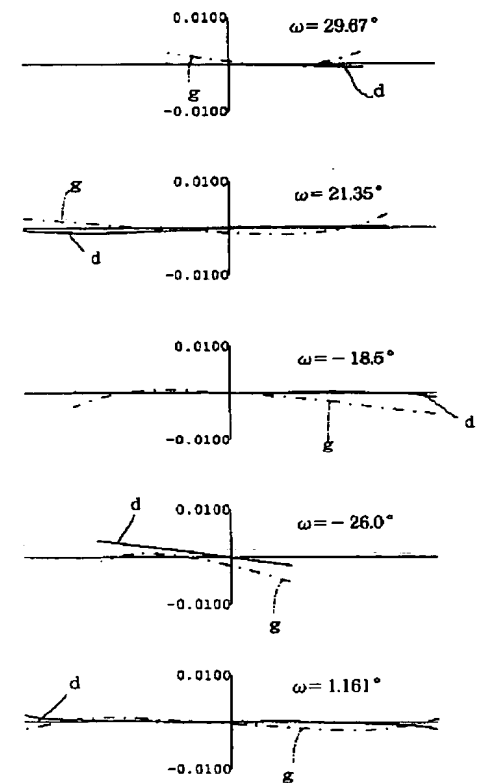
【図 3 8】



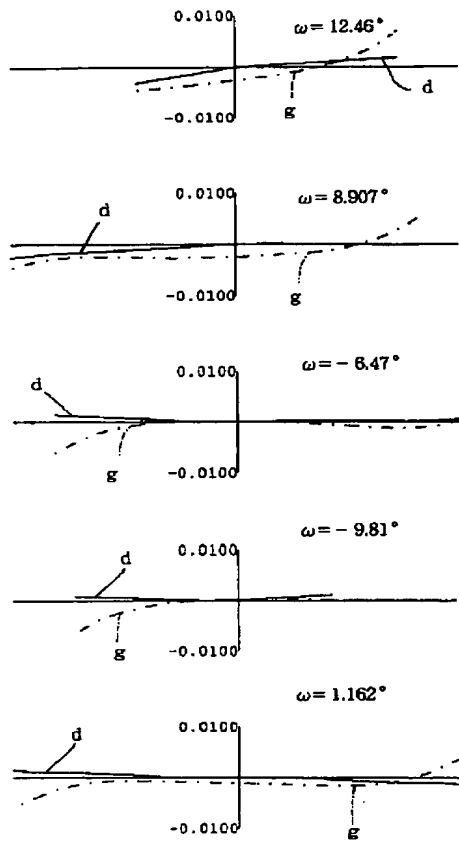
【図 4 0】



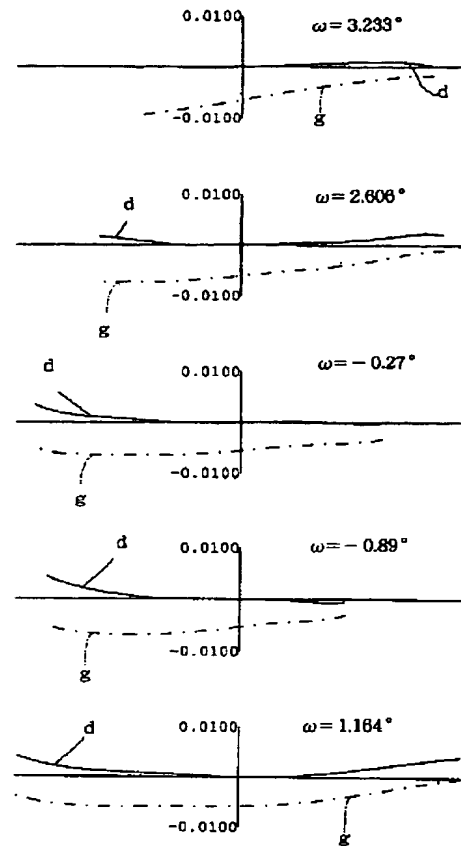
【図 4 1】



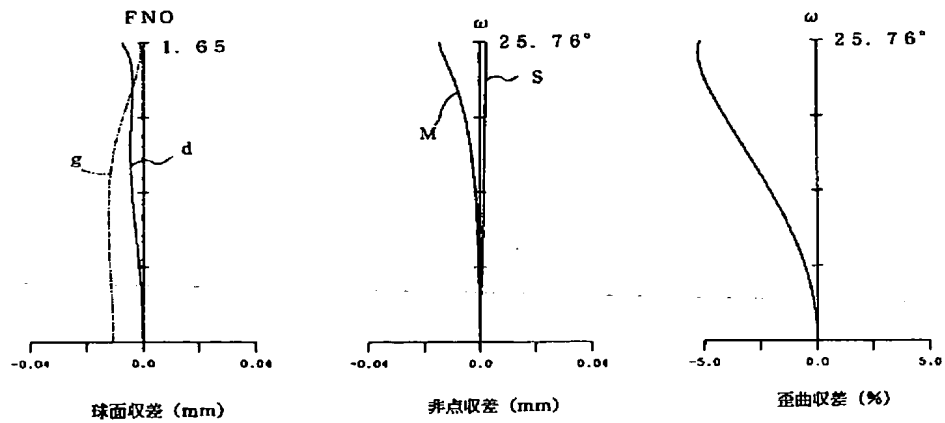
【図42】



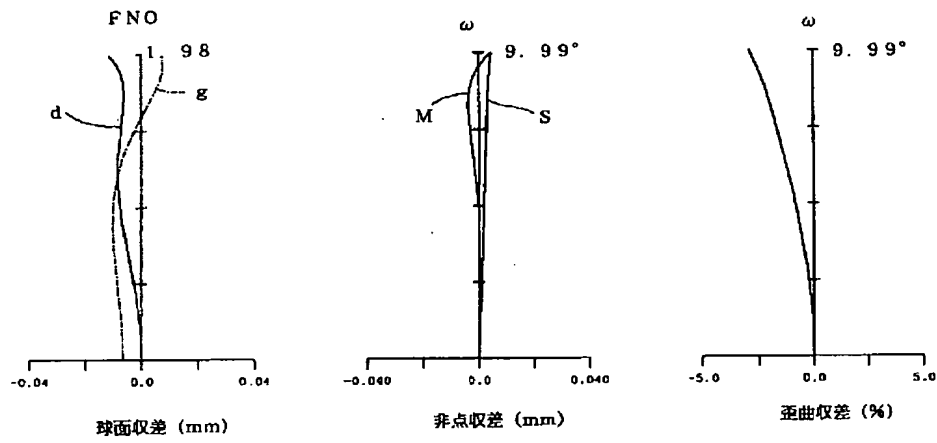
【図43】



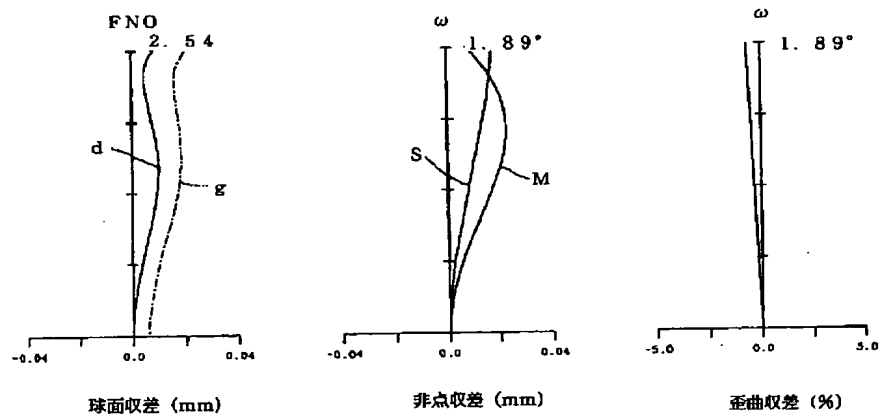
【図45】



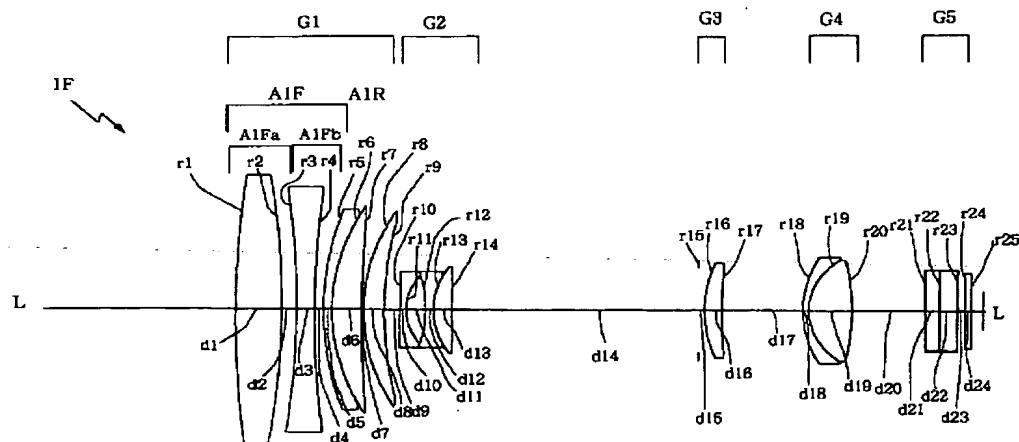
【図 4 6】



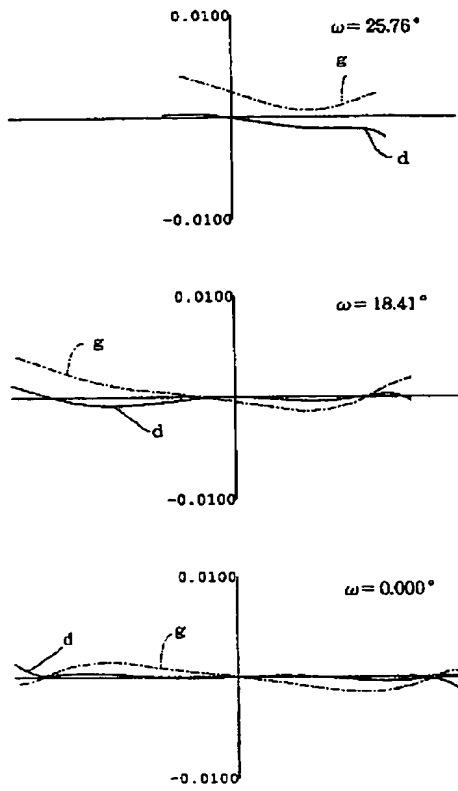
【図 4 7】



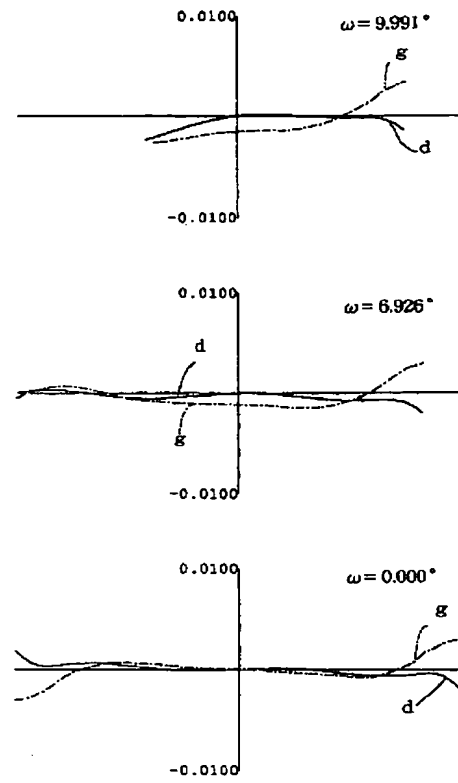
【図 5 4】



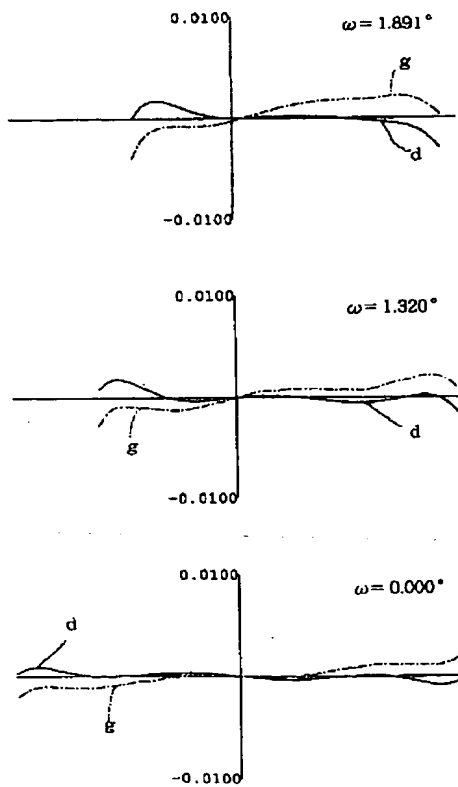
【図 48】



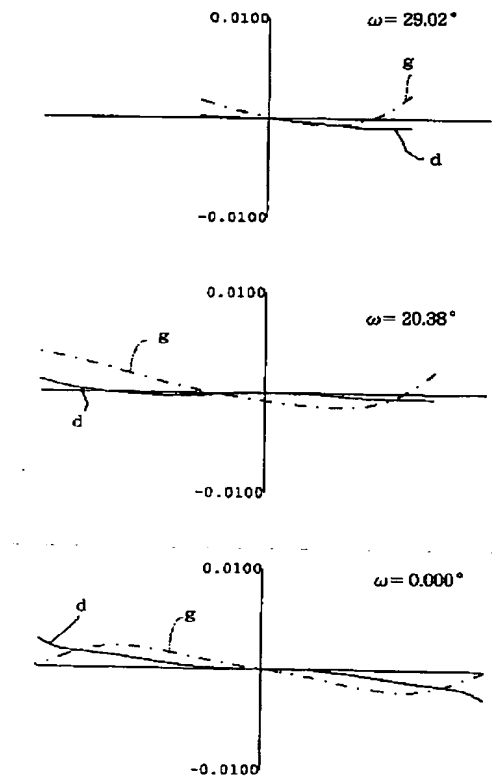
【図 49】



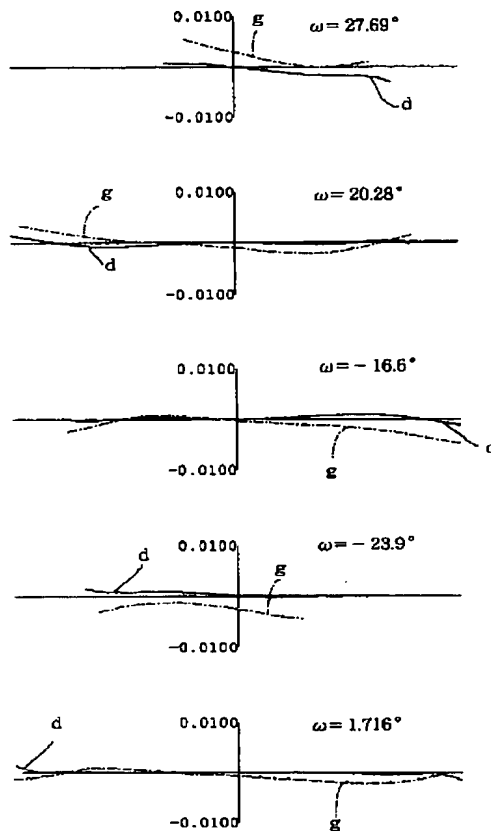
【図 50】



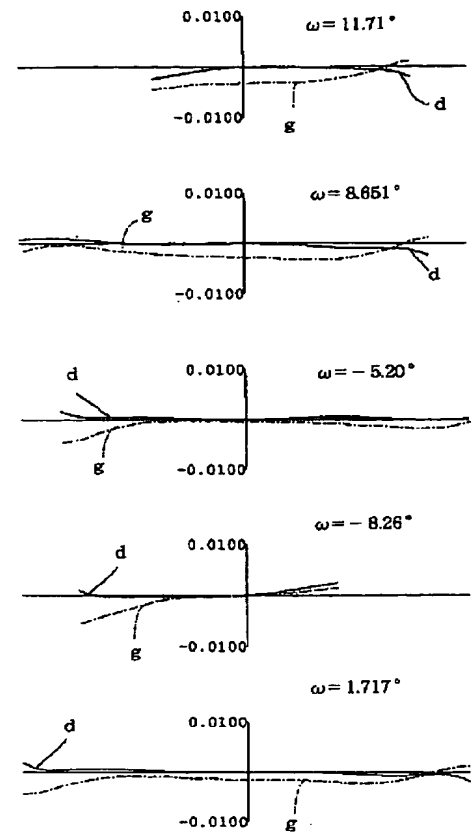
【図 58】



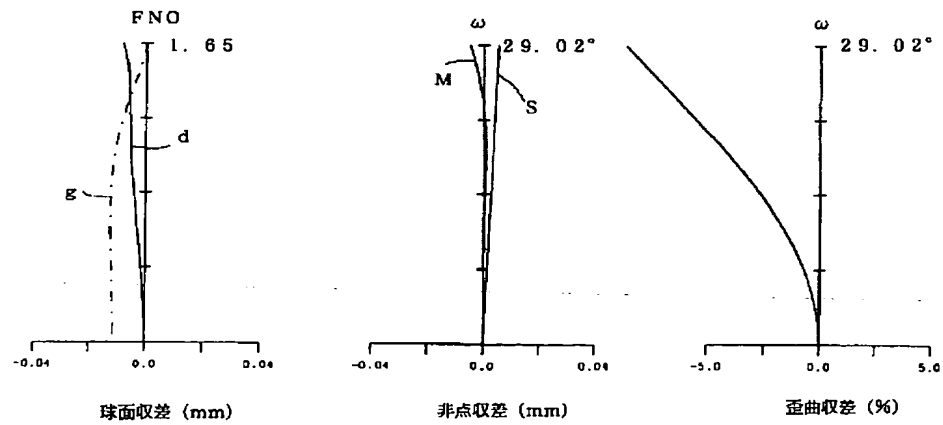
【図51】



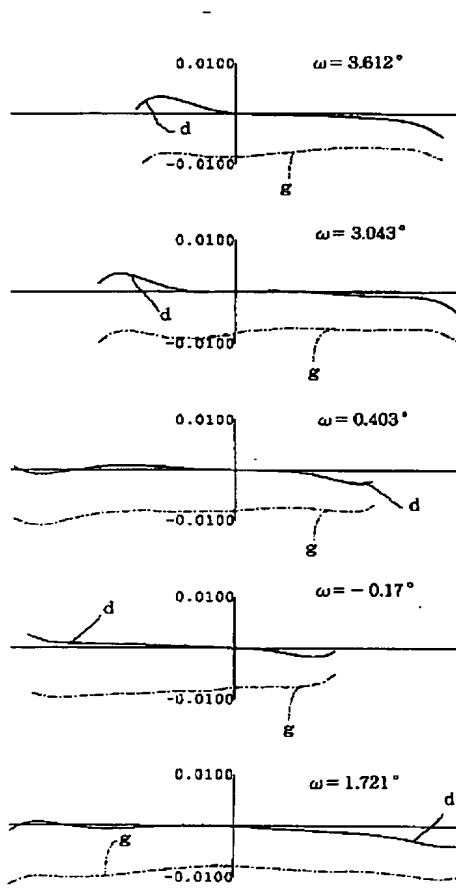
【図52】



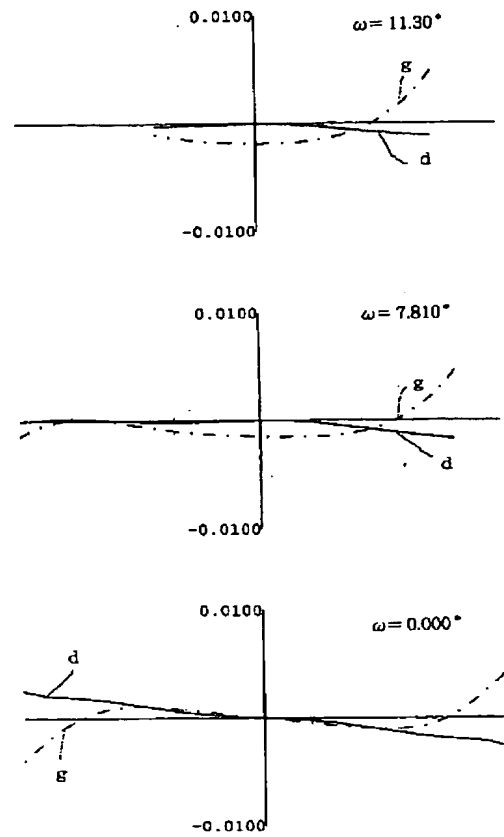
【図55】



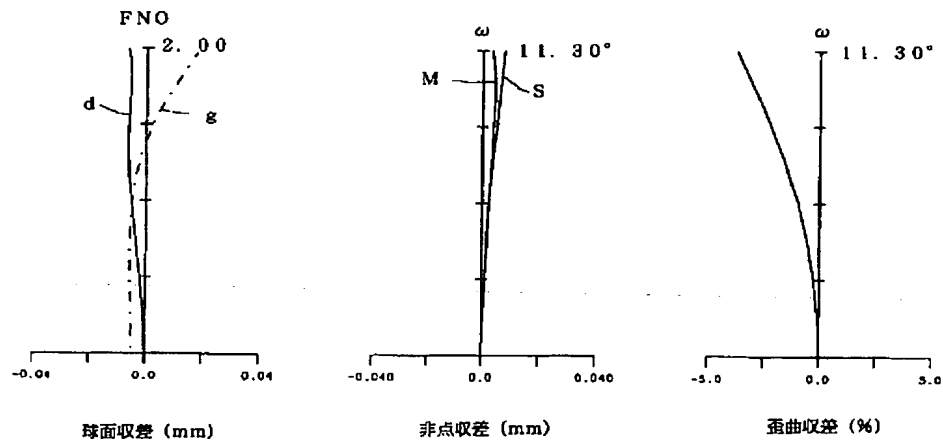
【図 5 3】



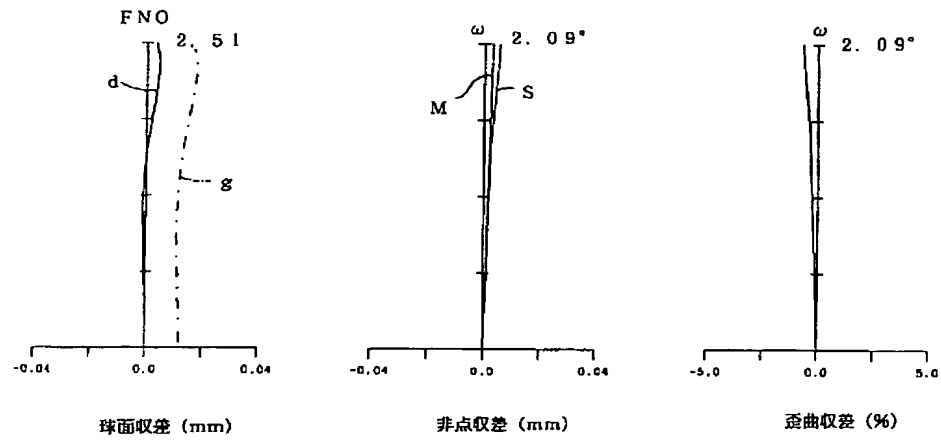
【図 5 9】



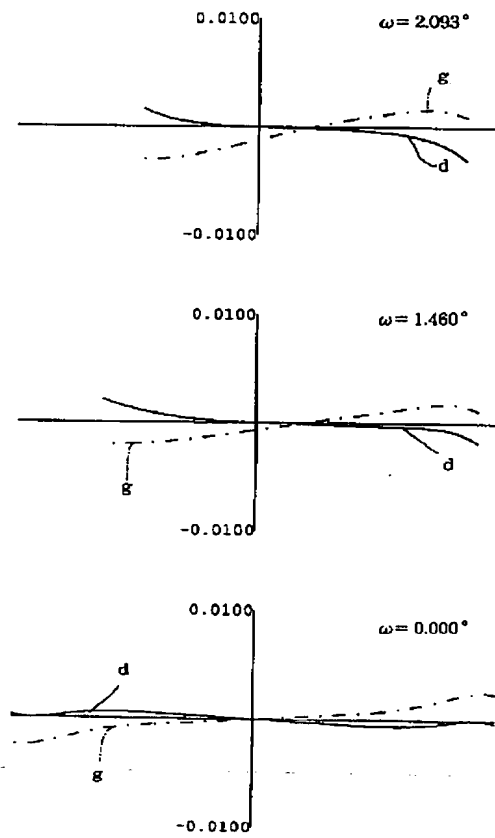
【図 5 6】



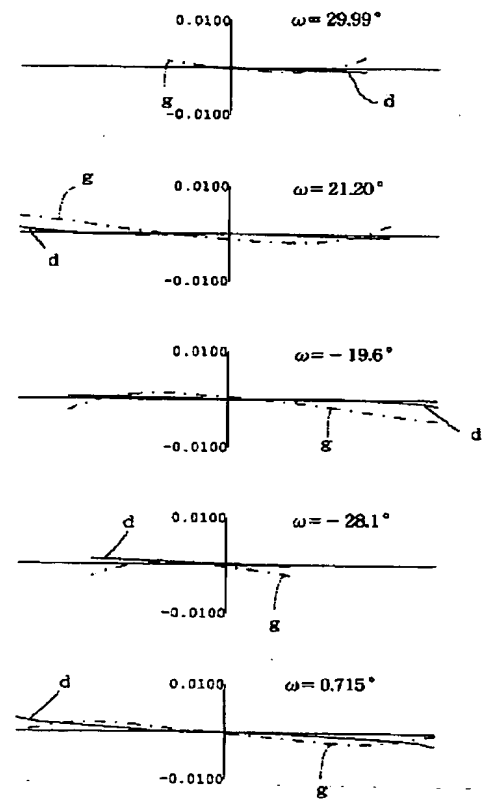
【図 57】



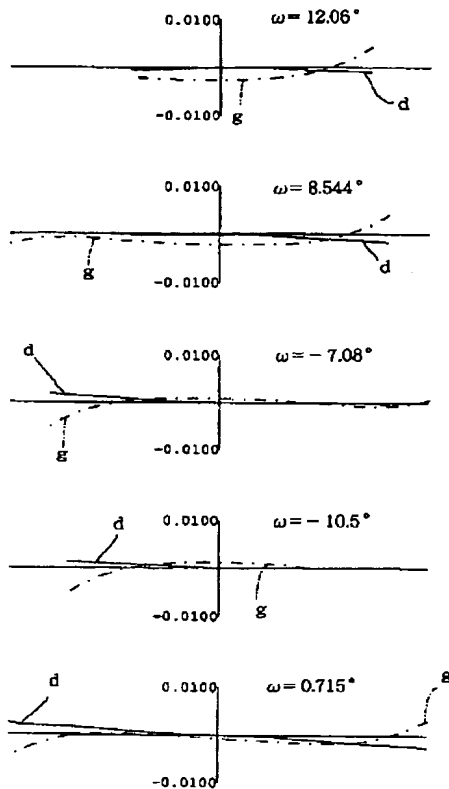
【図 60】



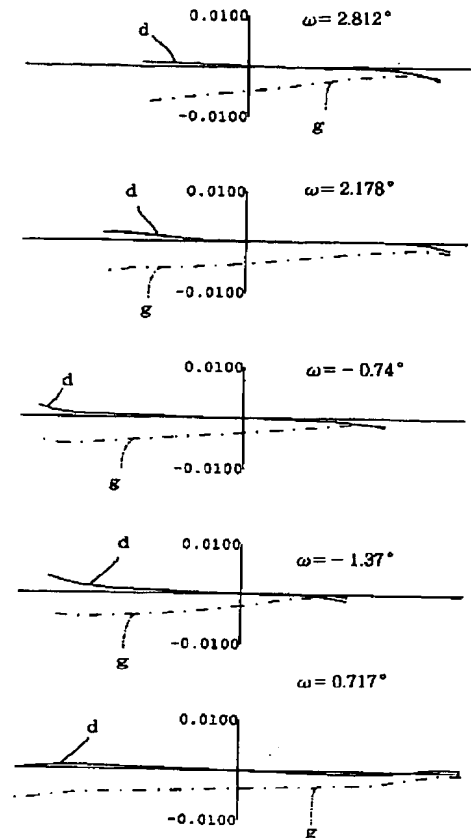
【図 61】



【図 6 2】



【図 6 3】



【手続補正書】

【提出日】平成 6 年 9 月 29 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 5】 請求項 4 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、前群の固定群と可動群との互いに対向する面の曲率半径をそれぞれ R_f 、 R_m としたとき、
 $0.5 < R_f / R_m < 1.5$ かつ $R_f < 0$
 の条件を満足することを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 9

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 9】 請求項 8 に記載の像ブレ補正変倍光学系において、前群の固定群と可動群との互いに対向する面の曲率半径をそれぞれ R_f 、 R_m としたとき、

$0.5 < R_f / R_m < 1.5$ かつ $R_f > 0$

の条件を満足することを特徴とする像ブレ補正変倍光学系。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】尚、図 3 に示すように、アフォーカル部 A1F が負の屈折力をもつ固定群 I_F と正の屈折力をもつ可動群 I_M とから構成されている場合にも、上記「数 1」式が成り立つことは図から明らかである。尚、図中の点「 F_M 」は可動群 I_M の物側焦点を示し、点「 F_F' 」は固定群 I_F の物側焦点を示しており、また、光線「RY1」は可動群 I_M の焦点 F_M を通った後固定群 I_F の主点を通り最終的に光軸 L-L に平行に進行する光線を示し、光線「RY2」はアフォーカル部 A1F への入射角が光線 RY1 と等しく、アフォーカル部 A1F を通った後光軸 L-L に一致するように進行する光線を示している。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】

【数 1 1】

$0.5 < Rf/Rm < 1.5$ かつ $Rf < 0$

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正内容】

【0061】

【数 1 4】

$0.5 < Rf/Rm < 1.5$ かつ $Rf > 0$

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0132

【補正方法】変更

【補正内容】

【0132】図 5 5 乃至図 6 3 は実施例 6 の光学系 1 F に関する収差を示すものであり、図 5 5 乃至図 5 7 はブレがない状態での球面収差、非点収差、歪曲収差を示し、図 5 8 乃至図 6 0 はブレがない状態でのメリディオナルコマ収差を示している。また、図 6 1 乃至図 6 3 はブレ補正を行った状態でのメリディオナルコマ収差を示している。

フロントページの続き

(72) 発明者 石原 基一

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ

ー株式会社内